اهداء ٢٠٠٩

اسرة المرحوم محمد حسن الليثى

جمهورية مصر العربية

جاسم حسن العلوي

العالم بين العلم والفلسفة

جاسم حسن العلوي

العالم بين العلم والفلسفة

الكتاب

العالم بين العلم والفلسفة

تأليف

جاسم حسن العلوي

الطبعة

الأولى، 2005

عدد الصفحات: 192

القياس: 17 × 24

الترقيم الدولي:

ISBN: 9953-68-072-8

جميع الحقوق محفوظة

الناشر

المركز الثقافي العربي

الدار البيضاء ـ المغرب

ص.ب: 4006 (سيدنا)

42 الشارع الملكي (الأحباس)

هاتف: 2303339 ـ 2307651

فاكس: 2305726 ـ 2 212+

Email: markaz@wanadoo.net.ma

بيروت ـ لبنان

ص.ب: 5158 ـ 113 الحمراء

شارع جاندارك ـ بناية المقدسي

هاتف: 01750507 ـ 01352826

فاكس: 01343701 ـ 961+

جاسم حسن العلوي

العالم بين العلم والفلسفة

دراسة مقارنة لمفهوم: المادة، الزمان الواقعية والسببية
في ضوء الرؤية العلمية التجريبية والرؤية الفلسفية العقلية
في محاولة لتأصيل الرؤية التكاملية بين العلوم والفلسفة



الإهداء...

إلى من وضعني على الدرب منذ الصغر وشاطرته الأفكار والتأملات الأخ العزيز علي أحمد

المحتويات

شكر وتقدير

أتقدم بوافر الشكر والعرفان لكل من ساهم وشجع على إنجاز هذا الكتاب والشكر موصول لكل من قرأ مسودة الكتاب ووضع ملاحظاته وأخص بالذكر الشيخ حبيب حمادة وأستاذ الفلسفة حسن معلمي والدكتور أبو الفضل كياشمشكي وأسأل اللّٰه لهم جميعاً دوام التوفيق والسداد.



بسم الله الرحمن الرحيم

تمهيد

ذلك الوجود لا ريب فيه، ولسنا بحاجة إلى أن نسوق الأدلة لإثبات الوجود الواقعي الخارجي للعالم، لأنه حق لا شك فيه. ورغم سطوع هذه الحقيقة إلاّ أن الوجود في كنهه وحقيقته يلفه الغموض والإبهام فهو من أشد الأسرار خفاءً على الإنسان. إنه المعنى القريب البعيد، شيء أمامنا لكننا نعجز عن الإمساك به، نحمل معناه بداخلنا، لكننا نعجز أن نرسم له صورة في أذهاننا. وعلاوة على ما في الذات الموجودة من سر وغيب حكم القضاء الإلهي بحجبها عنا فالوجود الكوني يزخر بمختلف الظواهر المليئة بالأسرار والخفايا التي تشكّل تحدياً أمام الإنسان تستثير فيه مشاعر البحث عن المجهول. ومن لحظة وعي الإنسان لذاته والكون من حوله، من لحظة إدراك الإنسان لهذه الثنائية التي بين ذاته وبقية مظاهر الوجود على اختلاف مراتبه من حيث الشدة والضعف، كان الفكر الحلقة التي تربطه بالكون، تحل ألغازه وتكشف خباياه. والإنسان كذات مفكرة تحمل في كيانها حباً وعشقاً لامتناهياً لمعرفة الحقائق والبحث عن عللها الطبيعية والوجودية، تسعى لتكوين صورة عن الواقع في إدراكاتنا تُعبِّر عن الواقع نفسه أو تعكس الواقع كما هو دون أن يكون لذاته أي تأثير على صورة الواقع المدرك. إننا نريد أن يكون إدراكنا للواقع الخارجي غير ممتزجاً بذاتنا التي تشوه صورته الحقيقية فتجعلنا ندرك واقعاً ليس الواقع الذي نبحث عنه.

كانت المشكلة الابيستمولوجية الرئيسية في الفكر الفلسفي الحديث هي كيفية إدراك الواقع الخارجي بعيداً عن تأثيرات العقل وأفكاره الذاتية وما تحمله المعرفة الحسية من أخطاء. كيف يتطابق الإدراك مع الواقع الخارجي؟ فهل يمكن فعلاً معرفة الواقع بشكل مطلق والوصول إلى الحقائق الكونية والوجودية بصورة كاملة؟ هذا التساؤل يقودنا للبحث عن القيمة الموضوعية للمعرفة البشرية، أي البحث في إمكانية العقل

البشري للوصول إلى الحقيقة الواقعية بشكل قاطع. هذه التساؤلات يقف خلفها صراع تاريخي فلسفي كبير بدأ منذ ولادة الفلسفة وإلى يومنا هذا.

لقد مرَّ الفكر اليوناني، تحت وطأة ظواهر اجتماعية معيَّنة، بمرحلة سفسطائية يتنكر فيها للواقع الخارجي وينفي إمكانية العقل على إدراك الواقع على فرض وجوده في الخارج. وظل هذا الفكر الذي يلغي الحقيقة الموضوعية ولا يرى إلاَّ الإنسان نفسه مقياساً لصدق القضايا من كذبها، متربعاً على عرش الفكر في اليونان عابثاً بالعلم والعقل لفترة من الزمن إلى أن جاء من استعاد للعقل دوره وللواقع وجوده ولمعرفة البشرية قيمتها الموضوعية. لقد تمكن سقراط، باعث النهضة الفلسفية في اليونان، وأفلاطون، رائد فلسفة الإشراق، وأرسطو، مؤسس المنطق الذي يحدد الضوابط التي يحتكم إليها العقل ليتمكن على ضوئها من الحكم على قضية ما من حيث الصدق أو الكذب، من الكشف عن مغالطات السفسطة وبناء مذهب في المعرفة يرتكز على الحس والعقل، خلاصته أن الفكر يستطيع أن يصل إلى حقائق واقعية إذا تضافر الحسّ والعقل مع مراعاة الأصول المنطقية التي تنظم عملية التفكير (المنطق الأرسطي).

برز بعد ذلك مذهب الشك (اللاأدرية)، الذي يمثِّل تياراً توفيقياً بين هذين الاتجاهين المتعارضين، يرتكز على فكرة الشك المطلق لكل الموضوعات، فكل قضية تحتمل الصواب والخطأ بنسب متساوية. والحقيقية أن مذهب الشك لا يقل في إنكاره لقيمة المعرفة البشرية عن السفسطة فكلاهما يشل فاعلية العقل ويعطل طاقته. وما لم نؤمن بقيمة حقيقية للمعرفة تنطلق من تصور وجود عالم خارج إدراكاتنا يزخر بالحقائق المختلفة وأن العقل قادر بشكل قاطع للوصول إلى هذه الحقائق يصبح من العبث تفعيل دور العقل في عملية فكرية تستهدف الوصول إلى تلك الحقائق.

ساد بعدها اليقين الفلسفي الفكر البشري، المؤمن بدور العقل الفاعل في الكشف عن الحقائق الموضوعية واعتبار العقل الملتزم بالمنطق الأرسطي مناط الحكم على صحة قضية ما من خطئها، لقرون عديدة. وظل العقل هادياً للإنسان، يقوده على طريق البحث عن أسرار الطبيعة وما وراءها وخبايا النفس وسنن التاريخ وظواهر الاجتماع البشري، حتى تزعزع هذا الإيمان بعد أن بدأت التجربة العلمية

التي قادت الثورة العلمية الحديثة والتي بدأت منذ القرن السادس عشر الميلادي تسرق من العقل بريقه ومكانته، فكان الشك وكان الصراع القديم الذي انتهى بانتصار العقل، يبعث من جديد في شكل صراع بين الحس والعقل، بين الواقعية والمثالية، ومن جهة ثانية كان الشك يتسلل ليشمل صحة الاستدلالات التي يقدمها كل من العقل والحس على كافة الموضوعات.

إن البحث في مقدرتنا للكشف الواقعي للحقائق يقودنا أولاً إلى تساؤلات أخرى تتعلق بالمعرفة الإنسانية ومصادرها. ما هي المصادر الأساسية التي نعتمدها للمعرفة؟ كيف تنشأ المعرفة عند الإنسان؟ ما هي الركائز الأولية للفكر والإدراك الإنساني؟ كيف أنتج الإنسان الأفكار والمفاهيم التي تزخر بها حياته العقلية؟ هل تنحصر المعرفة البشرية في حدود المحسوس؟ هل من العبث توجيه العقل لمعرفة الغيب وما وراء عالم الحس والمادة؟ إن الإجابة عن مثل هذه التساؤلات، مهما كان نوع الإجابة، تحدد معالم الصورة التي نرى بها الكون والوجود فلسفياً وتمثل نقطة البداية لبناء نظرية متكاملة عن الكون والعالم.

لقد أعطت الفلسفة وبخاصة الفلسفة الغربية الحديثة أهمية كبرى لمسألة المعرفة الإنسانية ـ الابيستمولوجيا ـ، ودارت مناقشات فلسفية حادة حول المنابع الأساسية للمعرفة البشرية وحدودها التي يمكن أن تمتد وتنمو في ظلها. لقد كان للدور الضخم الذي لعبته التجربة العلمية في بناء الحضارة المعاصرة أثره الكبير في إثارة الجدل واحتدام الصراع بين الرؤى العقلية والتجريبية للمعرفة البشرية. لقد كان للثمار التي حصدتها البشرية من جراء اعتماد الأسلوب التجريبي أثره في انحسار التصور العقلي للكون وبروز الصورة الحسيّة التجريبية له، مما أدى إلى تصور بعض المفاهيم العقلية المحضة من خلال الخبرة الحسية.

في الفصل الأخير الذي نتناول فيه قانون السببية في الفيزياء الكوانتية quantum physics سنرى كيف أن الصورة الحسية للعالم سببت في معالجة بعض المسائل في إطار المنهج التجريبي المعتمد في العلوم وهي التي كان ينبغي أن تبحث وفق المنهج الفلسفي. كما سنرى كيف أن هذا الخلط بين المسألة الفلسفية والمسألة العلمية في النظرية الكوانتية أدى إلى نتائج خاطئة أغرقت الوسط العلمي في صراعات استمرت لسنوات طويلة. فمنذ أن تطورت الكشوفات العلمية للظواهر

الذرية وما رافقها من ظهور النظرية الكوانتية والمتضمنة لعلاقة الارتياب أو عدم التحديد uncertainty، والتي سوف ندرسها بشكل مفصل في الفصل الرابع من هذا الكتاب، أصبحت الفيزياء تعيش مشكلة القياس التي زرعت بذور الأزمة في مسألة كانت تُعد من المسلّمات في الميدان العلمي الطبيعي وفي التصور العقلي لنظرية المعرفة وهي مسألة الحتمية العلمية. فقد انقلبت الحتمية العلمية بسبب مبدأ هايزنبرغ والتي تعرف بعلاقة الارتياب أو عدم التحديد إلى اللاحتمية، فلم يعد ممكناً التنبؤ بالحوادث على المستوى الذري بشكل دقيق وصارم كما جرت العادة في العالم الماكروسكوبي المنظور، عالم العين المجردة. إن السببية التي تعني أن لكل نتيجة سبباً خاصاً لم تعد فكرة صحيحة في النظرية الكوانتية، إن السبب المحدد ينتج عنه ميل إحصائي احتمالي باتجاه نتيجة ما. ولذلك ترتكز النظرية الكوانتية على قوانين إحصائية للحوادث الذرية وليس على التحديد التام كما هو الحال في النظرية الكلاسيكية. إن الصبغة الإحصائية التراكمية الاحتمالية للقوانين الكوانتية لم تكن مقبولة من التيار العقلي الواقعي الذي يقوده آينشتاين والذي يرى في النظرية تعبيراً غير كامل للواقع الكوانتي وإن هذا النقص يتجلى في هذا الوصف الإحصائي الذي ينتج عن عدم الإحاطة التامة بهذا العالم الدقيق. في الجهة الأخرى تذهب مدرسة كوبنهاغن بقيادة بور إلى اعتبار العالم الذري ذا طبيعة إحصائية واحتمالية بشكل مطلق ونهائي، يتمرد بطبيعته على مبدأ السببية بمفهومه العقلي المرادف للحتمية والضرورة.

لقد زرعت النظرية الكوانتية بذور أزمة فلسفية أخرى تتعلق بواقعية العالم الذري، وفيما إذا كان العالم الذري امتداداً لواقعية العالم الكلاسيكي أو أن له واقعية منفصلة مستقلة. فمنذ اكتشاف ثنائية الموجة والجسيم duality أصبح البعض ينظر إلى أن المراقب الواعي لهذا العالم يحدد طبيعة ما يود مشاهدته ويتدخل في واقعيته. فإذا أردنا أن يكون العالم الذري ذا طبيعة موجية أو جسيمية نقوم بالتجربة التي تعطينا ما نريد. إنه من الصعب أن نفصل بين المشاهد أو المراقب ـ الواعي ـ لهذا العالم وواقعيته، هذه الواقعية التي نحمل عنها تصورنا الاعتيادي الفطري من عالم له حقيقة خارجية ويتمتع بخصائص مشابه للعالم المحسوس من الحركة والموقع والكتلة. . . إلخ. فعندما نقوم بفحص هذا العالم الدقيق فإن آلة الفحص تعتبر جزءاً حقيقياً من واقعيته بمعنى أنها تسهم في تكوين خصائصه وسوف نفصل

هذه المسألة التي تُعد نقطة جوهرية في الصراع بين التيارين الكبيرين في الفكر العلمي الفلسفي الحديث عندما نتطرق لأزمة الواقعية في الفيزياء الكوانتية. وعندما نتساءل لماذا لا يحدث الشيء ذاته عندما نفحص بوسائلنا العلمية عالمنا الماكروسكوبي وتتوحّد أدواتنا معه في واقعية واحدة وتجيب مدرسة كوبنهاغن على ذلك بأن الأثر التي تحدثه أدوات القياس في عالمنا ضئيل للغاية ولكن الأثر الذي تتركه أدوات القياس في العالم الذري حيث كوانتوم الفعل (ثابت بلانك) ذو قيمة يصبح بالغ الأهمية لدرجة أن جزءاً من واقعية بعض خصائص العالم الذري، بحسب تصور مدرسة كوبنهاغن، تشكله عملية القياس التي نقوم بها. فهل الكون بكل امتداداته الصغيرة والكبيرة نسق واحد تتحكّم في كل عوالمه القوانين ذاتها التي نتجت من تصوراتنا الفكرية للعالم الذي نعيش فيه أم أن هذا الكون مقطّع الأوصال والروابط منقسم الذات إلى عوالم ليس بينها جسور ولكل عالم منها قوانينه الخاصة التي قد تتفق أو تختلف عن تصوراتنا الفكرية الفطرية. سوف نتعرض في الفصل الرابع من هذا الكتاب للجدل العلمي الفلسفي لأزمة الواقعية والحتمية والذي بدأ مع تكامل النظرية الكوانتية في نهاية العشرينيات من القرن العشرين والتي ظلّت حتى اليوم مثار جدل وانقسام في الوسط العلمي الفيزيائي. لقد كان للتطورات التي شهدتها الفيزياء الذرية مشاكلها الابيستمولوجية، التي تتجلى في دور كل من العقل والتجربة في بناء المعرفة العلمية.

ولعل من المفيد أن نشير هنا إلى أن هذه القضايا الابيستمولوجية لم تكن وليدة الفيزياء الحديثة التي شيّد أركانها علماء من أمثال آينشتاين وبلانك ولو دوبروي وبور وغيرهم بل كانت مترافقة مع بدايات النهضة العلمية في أوروبا. فمع بداية القرن السابع عشر انتشرت مذاهب فلسفية شكّلت نواة الفكر الحديث، فقد ظهرت فئة من العلماء تنكر أية قيمة معرفية للمسائل العقلية المستقلة عن الحواس، وترى أن قيمة المعرفة تنحصر فيما تمدنا به الحواس. فكان من روّاد المذهب الحسي والنزعة التجريبية الذي توطّد في بريطانيا في ذلك القرن فرنسيس بيكون. إن الهدف من المعرفة في رأي بيكون هو السيطرة على الطبيعة وإخضاعها لفائدة الإنسان. كان بيكون ينظر بازدراء إلى فلسفة أرسطو وأفلاطون ويعتبر فلسفتهما جدلاً فارغاً، وكان من المعجبين بفلاسفة اليونان الماديين. ويعد جون لوك، الفيلسوف الإنجليزي،

زعيم الفلاسفة الحسيين والذي يرجع جميع المعارف إلى الحسّ الذي يعتبره مصدر اليقين للمعرفة البشرية، ويرفض وجود أية أفكار فطرية قبلية في الذهن سابقة على التجربة أو الخبرة العملية، فالأفكار الناتجة من التأثيرات الحسية هي كل ما لدينا من أفكار، فالعقل كما يتصور لوك صفحة خالية من الأفكار وتصبح مأهولة بالأفكار أثناء التفاعل مع العالم الخارجي. ويرى لوك أن الحواس قادرة على الوصول إلى الخصائص المادية للأجسام كما هي.

ورغم أن المدرسة الحسية تؤكد أصالة الحس في الوجود الخارجي، فقد خرج من قلب هذه المدرسة الأسقف الإنجليزي جورج باركلي مؤسس المثالية الحديثة وهو مع إيمانه بأن الحس والتجربة منشأ لكل العلوم لكنه في الوقت ذاته لا يعترف بالوجود الخارجي للمحسوسات ولا التأثيرات الخارجية التي تستثير الإحساس فينا، فليست الأخطاء التي تقع فيها الحواس، في تصور باركلي، إلاَّ دليلاً على أن التأثيرات الخارجية التي توقظ فينا الإحساس ليس لها وجود خارجي. إن باركلي لا يشك في وجود العالم وما به من حقائق لكنه ينفي أن يكون هذا العالم له حقيقة خارج إدراكاتنا، فوجود الشيء يساوق إدراكنا له. إن العقل مقيد بسلاسل الحواس التي هي عناصر الإدخال بالنسبة له، وما دام لا يوجد مصدر مستقل يوضح مدى دقة ما تنقله الحواس من معلومات وخصائص عن الموجودات الخارجية فإن معرفتنا بهذه الموجودات مستحيلة. إن خبرتنا الحسية تعكس التمثلات العقلية للأجسام المادية وليست الأجسام المادية الخارجية بعينها وما نصدره من أحكام هي أحكام تخص هذه التمثلات العقلية. ولذا لا يوجد موجود مادي مستقل عن العقل أو الإدراك. وهكذا خرج من رحم المدرسة الحسية من ينكر أصالة الحس ليستبدله بأصالة الإدراك. لا يوجد في الواقع الخارجي غير حقيقتين، كما يتصور باركلي، النفس التي تمثّل الذات المدركة والوسط المستقطب لكافة التأثيرات الحسية والتي تعتبر الشريان الوحيد للمعارف البشرية، واللّه باعتباره مصدر ما ينبثق في النفس من إحساسات متتابعة، فما ظهور صور المحسوسات واختفاؤها في النفس بترتيب ونظام معيّن من دون اختيارنا إلاَّ دليل على وجود ذات أخرى تبعث بهذه التصورات بذلك النظام الخاص في النفس وتلك هي ذات اللّه. وسار ديفيد هيوم الفيلسوف الاسكتلندي على خطى باركلي ولكنه أطاح بالحقيقتين اللتين احتفظ بهما باركلي

معتمداً على الطريقة نفسها التي عالج بها باركلي. إن المثالية الحديثة ليست إلاّ سفسطة يونانية بلباس مختلف ارتدّت بالفكر البشري إلى الوراء بعد أن استطاع الفكر أن يثبت أصالة الواقع وأن يتخلص من حالة اللايقين والشك.

في المقابل نمت وازدهرت الفلسفة العقلية في فرنسا على يد رينيه ديكارت الذي يعتبر بحق باعث فلسفة اليقين في أوروبا بعد أن عصفت بها روح الشك. لقد انطلق ديكارت من الشك المطلق حتى وصل إلى اليقين، لقد أوصله الشك المنهجي الذي يعده لوناً من ألوان الفكر إلى حقيقة يقينية وهي أن له ذاتاً موجودة، فكانت قولته المشهورة «أنا أفكر، فأنا إذن موجود». لقد اعتقد ديكارت أن بإمكانه التدليل على وجود العالم الخارجي معتمداً على وعيه بوجوده الذي أكده الشك وكذلك إيمانه بأن اللّه الموجود الأعلى اللامتناه مطلق الكمال لا يخدعه بما تقدمه الحواس من معرفة. لقد آمن ديكارت بالمعارف العقلية القبلية الموجودة في ذواتنا بصورة فطرية ومصدرها اللّه. والتجربة عند ديكارت ما هي إلاّ وسيلة من أجل التحقق من هذه الأفكار الفطرية فإذا وافقت التجربة ما تقرره هذه المعارف القبلية كان ذلك دليلاً على صحة الاستنتاج. وهكذا فبينما كانت المدرسة الحسية تنظر إلى جميع المعارف بما فيها هذه البديهيات أو الأفكار الفطرية على أنها من معطيات الحس ونتيجة استقراء واسع في الطبيعة، كانت المدرسة العقلية وقطبها رينيه ديكارت تؤكد وجود معارف عقلية أولية في الذات الإنسانية تمثّل نقطة الانطلاق لدراسة الظواهر الطبيعية.

في ألمانيا لمع نجم إمانويل كانت، في القرن الثامن عشر، ويُعد «كانت» واحداً من أكثر الفلاسفة تأثيراً في التاريخ الفلسفي الغربي. لقد نظر كانت إلى المعرفة البشرية بشكل مختلف عن الحركتين التاريخيتين في الفكر الفلسفي الحديث، التيار العقلي والتيار التجريبي. إن المشكلة الابيستمولوجية الرئيسية هي في كيف يمكن أن نتعرف على العالم الخارجي بمعزل عن تأثيراتنا الذاتية، المنهج التجريبي يجيب على هذا التساؤل المركزي بأن معرفة العالم الخارجي ممكنة عن طريق الحس وحده، أما المنهج العقلي فيرى أن معرفة العالم الخارجي تستند إلى المعارف العقلية الأولية غير القابلة للتشكيك الموجودة فطرياً في الإنسان ومن هذه المعارف الفطرية الأولية يبني الإنسان معارفه الأخرى. المنهج العقلي لا يختلف مع

المنهج التجريبي في أن المعارف التي تقدمها التجربة صحيحة ولكن هذه المعرفة التجريبية لم تكن لتكون لولا هذه المعارف الأولية غير القابلة للاختبار أو التجريب. أما «كانت» فقد نظر إلى المشكلة من زاوية أخرى، فقد جعل «كانت» من المعرفة صناعة بشرية خالصة يتحول فيها العالم الخارجي الزاخر بالظواهر الطبيعية إلى مادة للمعرفة يشكّلها العقل بحسب قوالبه الجاهزة ومساراته الخاصة إلى معرفة ذات طبيعة بشرية. من هنا لا نستطيع أن نفصل بحسب تصوّر «كانت» بين ذاتنا ومدركاتها لأن الأخيرة من صنع العقل البشري نفسه أما الواقع الخارجي بذاته من غير إضافة فغير قابل للإدراك. فالمعرفة مزيج مركب من الذاتية والموضوعية، يقدم العالم الخارجي للعقل موضوعاته عبر مدركات الحس ليصنع العقل بعد ذلك منها معرفة. إن «كانت» يتفق مع التيار العقلي بوجود معارف أولية في العقل سابقة على التجربة وأن هذه المعارف لا يمكن إثبات صحتها بالتجربة لأن التجربة ذاتها غير ممكنة بدونها، لكنه يختلف عن التيار العقلي في أن هذه المعارف ليست علوماً مستقلة بل هي مجرد روابط ينظم من خلالها إدراكاته الحسية.

في القرن التاسع عشر برز الفيلسوف الفرنسي أوجست كونت وهو صاحب فلسفة حسية محورها العلوم الوضعية، ويعتبر القوانين التي تتحكم في الظواهر الطبيعية والاجتماعية والتي تعود على الإنسان بالفائدة أرقى مراحل تطور الفكر البشري. إن مهمة البحث العلمي كما يرى أوجست كونت هي التوصل إلى الشروط الموضوعية التي تسبب نشوء ظاهرة ما، أن نفهم كيف تحدث الظاهرة، تلك هي مهمة الباحث في مرحلة النضج الفكري الذي تعيشه الإنسانية. أما أن نبحث في مسائل الميتافيزيقا أو الأسباب غير الطبيعية، الغيبية، التي تقف وراء ما يحدث في الكون فتلك مرحلة لاهوتية تجاوزها الفكر البشري، ومن الضروري التخلي عنها. ولذا يعتبر أوجست كونت مؤسس الفلسفة الوضعية. واستمراراً لوضعية أوجست كونت في فرنسا، تزعّم، في ألمانيا، الفيلسوف أرنست ماخ اتجاهاً وضعياً ظاهراتياً يرى أن المصدر الوحيد للمعرفة هو الإحساس، وينظر إلى الطبيعة أو الأشياء على أنها تمثل أمراً ذهنياً مجرداً حقيقته تتمثل في جملة العناصر التي تقدمها لنا الحواس. إن الموجود الواقعي في نظر ماخ ليست المادة بل الظاهرة الطبيعية التي تنطبع على الحواس، فليست المواد سوى هذه الأشكال والألوان وغيرها من الأعراض التي

تنعكس في إحساسنا، إنها حالة الاستغراق في الحس إلى أقصى مدى. وبشكل مختصر يمكن أن نقول إن فلسفة ماخ إيمان بالعرض ونفي للجوهر المادي تماماً. وسنرى في الفصل الأخير كيف تبنت مدرسة كوبنهاغن هذا الاتجاه الظاهراتي، المنكر للوجود الواقعي في ميدان الفيزياء الذرية. وكان من الطبيعي لمثل هذه الفلسفة الظاهراتية أن تلقى رواجاً في العالم الغربي، منبع الحضارة المادية، والبيئة ذات المناخ الصالح لنمو مثل هذه الفلسفات الحسية. فحيثما يتراجع الدين تختفي الروح وراء الغبار الكثيف للمادة ولا يرى الإنسان من الحياة إلاّ جانبها الحسي، وهكذا يكون العقل مجرد خلايا وتفاعلات كيميائية وتكون المشاعر والعواطف البشرية مجرد هرمونات تفرزها الغدد ويتحول الإنسان إلى مجرد كتلة من اللحم والدم والهرمونات.

لقد افترقت الفلسفة الحديثة عن الفلسفة اليونانية والإسلامية في الموضوعات التي تتمحور حولها كلا الفلسفتين. فبينما كانت الفلسفة اليونانية، العقلية، ومن بعدها الفلسفة الإسلامية تتناول اللّه ومطلق الوجود على اعتبارات شرفية ومعرفية بحتة تحاول إرواء الظمأ الفكري والعقلي للإنسانية المفكرة، ارتبطت الفلسفة الحديثة عقب الثورة العلمية والصناعية التي شهدها العقد الأول من القرن العشرين بالدراسات الابيستمولوجية لاعتبارات نفعية فقط. فإذا كان شرف العلم في الفكر الإسلامي مرتبطاً بشرف موضوعه، فقد ارتبط في الفكر الغربي، بسبب ظروف اجتماعية وسياق تاريخي خاص مرت بها أوروبا، شرف العلم بما يحقق للإنسان من منافع مادية. إذ إن قيمة المعرفة، في تصور الفلسفة المادية الحديثة، تنحصر فيما يعود على الإنسان بالفائدة العملية وليست لها قيمة في ذاتها. من هنا كانت الدراسات الفلسفية الحديثة منصبة على قضايا العلم والتطور التكنولوجي، ومحصورة في الميدان الطبيعي ومرتبطة بالفكر العلمي. بينما الفلسفة الإسلامية تتحرك في الأفق الأوسع بوصفها فلسفة تدرس مطلق الوجود، فتتناول من الوجود المحسوس وغير المحسوس.

تلك كانت بشكل مختصر بعض الفلسفات الحديثة التي تتناول قضايا المعرفة بشكل عام والفكر العلمي بصورة خاصة. وهذا العرض الموجز كان عزيزي القارئ توطئة نستطيع على ضوئها أن نتعرض لجملة من المواضيع التي يلتقي فيها التصور العلمي أحياناً ويتمايز أحياناً أخرى عن التصور الفلسفي، بحسب التطور المعرفي

لكلا العلمين. ولكننا سنرى كيف أن الفلسفة التي تتناول مطلق الوجود ستمثل النظرة ذات البعد الأعمق والأشمل بعيداً عن مكتسبات التجربة العلمية. فإذا كان التصور العلمي للظواهر الطبيعية محدوداً بين جدران المختبرات وأدوات القياس، يطل العقل على الظاهرة يلتمس أثرها، وتلك نقطة تقاطعه مع العلوم، ليغوص بعد ذلك بالعقل وحده في الباطن غير المنظور ليكشف عن حقيقة أعمق تقف خلف الظاهرة الطبيعية. فالتصور الفلسفي يأخذ بعض معطيات التجربة كصغرى في الاستدلال العقلي. إن الاختلاف بين الرؤية العلمية والفلسفية لجملة من المواضيع التي يتناولها العلم والفلسفة هو شكل من أشكال التكامل في الرؤيتين، يتضافر فيها كل من الحس والعقل ليعطي الصورة الكاملة للكون والعالم. فليس ما ينتجه العلم في المختبرات والذي يأخذ طريقه إلى الحس يناقض ما يتوصل إليه العقل. إن للحقائق درجات ومراتب، فالحس يدرك مرتبة والعقل بمساندة الحس يدرك مرتبة أعمق وهكذا تتكامل المعرفة. إذن هناك تشابك وتداخل بين الحس والعقل ينعكس عنهما رؤية تكاملية للحقائق بشكل راسي. إن لكل من العقل والحس دوره في بناء المعرفة الإنسانية وتكاملها.

في هذا الكتاب سنتناول بصورة رئيسية، في فصول متتابعة مستقلة نسبياً، أربع مواضيع هي المادة، الزمان، الواقعية والسببية. وسنقف في كل مرة وراء التطور العلمي التاريخي الذي أدى إلى تكوين الرؤية العلمية لهذه المواضيع، نستعرض بعدها التصور الفلسفي العقلي للمدرسة الفكرية اليونانية والإسلامية لما كان لهذه المدرسة من رؤية فلسفية عقلية عميقة، ذات بُعد تاريخي، والتزام بالمنطق الأرسطي.

لم يكن التصور العلمي الذري للمادة في العصر الحديث هو الأول من نوعه في تاريخ المعرفة البشرية، فقد سبق التصور الفلسفي للمادة الفكر العلمي بآلاف السنين عندما طرح ديمقريطيس الفيلسوف اليوناني مذهبه الذري المؤمن بوجود مكوّنات صغيرة جداً غير قابلة للتجزئة تمثّل وحدات البناء في المادة، ويفصل بين هذه الوحدات الفراغ، فليست المادة في نظر ديمقريطيس وحدة متصلة بل هي وحدة قائمة على الانفصال حيث تفصل بين ذراتها، التي تشكّل مكونات المادة النهائية، الخلاء. لكن العلم الحديث استطاع بمنهاجه التجريبي أن يتجاوز نظرية ديمقريطيس التي كانت وليدة المنهاج الفلسفي بمراحل كثيرة، فقد تمكّن العلم

الحديث في بداية القرن العشرين أن يكتشف أن ذرات ديمقريطيس قابلة للتجزئة وأنها مكوّنة من نواة بداخلها بروتونات ونيوترونات تدور حولها الإلكترونات. وظل العلماء يعتقدون أن هذه الجسيمات الصغيرة هي المكونات النهائية للمادة، ولكن مع بداية العام 1945 عدد كبير من الجسيمات تمَّ اكتشافها عبر التجارب التي تتضمن جسيمات معروفة تتصادم بطاقة عالية فينتج عنها جسيمات جديدة. هذه الجسيمات الجديدة ليست مستقرة فسرعان ما تنحل إلى جسيمات أخرى. ويربو عدد الجسيمات المكتشفة حتى الآن أكثر من ثلاثمائة جسيم. وعندما حاول العلماء معرفة ما إذا كانت هذه الجسيمات يجمعها رابط مشترك يمكن على أساسه أن يفسروا هذه الأعداد الكبيرة من الجسيمات وأن يصلوا إلى وحدات البناء النهائية التي تعطينا كل هذا التنوع، وجدوا أن كل هذه الجسيمات (باستثناء عدد قليل منها كالإلكترون والفوتون. . . إلخ) مكوّنة من وحدات أصغر منها أسموها الكوارك. فالبروتون والنيترون ليست وحدات صلبة ونهائية بل هي مكوّنة من كواركات مرتبطة بنظام معيّن. فهل وقف العلم عند الكوارك ليعلن للعالم أنه وصل إلى نهاية المطاف وأن ذرة ديمقريطيس وحدة البناء المادي غير القابلة للانقسام تتمثّل في جسيم الكوارك. لا تزال الفيزياء الحديثة تواجه مشاكل رياضية من جراء تصور أن وحدة البناء المادي تكون على شكل جسيمات نقطية كروية صلبة، الأمر الذي جعل العلماء يطورون نظرية أخرى ترجع مكونات المادة إلى خيوط string theory، هذه النظرية وإن تمكّنت من حل بعض المشاكل على المستوى النظري تظل عملية اختبارها غاية في الصعوبة. فهل ستقف عملية التجزئة والتنقيب عن مكوّن نهائي للمادة أم أنها ستستمر إلى ما لا نهاية. سنحاول في الفصل الثالث من الكتاب أن نبرهن رياضياً وفلسفياً على أن عملية التجزئة ليست لها نهاية. كما أننا سنحاول أن نعطي المفهوم الفلسفي للمادة وسنبين أن الفكر الفلسفي لا يتوقف عند حدود ما يلمسه الحس من المادة، بل يتجاوز البعد الحسي الظاهري للمادة فينطلق الفيلسوف بعد هذه المرحلة الحسية ليكشف الستار عن الجوهر المادي، منبع الظواهر الطبيعية، والذي لا يمكن للحس أو التجربة أن تتوصل إليه. وسنرى في الفصل الثاني أنه ما لم نؤمن بالتصور العقلي للوجود فإننا نعجز عن إثبات المادة ذاتها التي هي محور التصور الفلسفي الحسي له.

لقد سبق الفكرُ الفلسفي الفكرَ العلمي لعشرات من السنوات في اكتشافه للبعد الرابع الذي تمتد فيه المادة كما سيتضح ذلك في الفصل الثالث عندما نستعرض الزمان في المفهوم العلمي والفلسفي. لقد سبق صدر الدين الشيرازي الفيلسوف الإسلامي الكبير آينشتاين في اعتبار الزمن بعداً رابعاً حقيقياً مقوماً للمادة يضاف إلى الأبعاد المكانية الثلاثة. على أن الزمن في التصور العلمي لا يلتقي تماماً مع التصور الفلسفي لصدر المتألهين سواء تبنينا التصور الكلاسيكي المطلق للزمن الذي يرى في الزمان هوية ذات وجود حقيقي غير مرتبط بالحركة الخارجية أو التصور النسبي الذي ينفي الوجود الذاتي للزمن بمعزل عن الحركة المادية. إن كلا التصورين العلميين يجعلان من الزمن ذا هوية منفصلة عن المادة بينما بالمنظار الفلسفي الصدري يكون الزمن جزءاً من هويتها الجوهرية المتحركة تدريجياً. إلاَّ أن النظرية النسبية تعبّر عن مرحلة حسية أولى من الفهم يأتي بعدها الفكر الفلسفي العقلي ليتكامل معها في مستوى أعلى من الفهم حيث يرتبط الزمن بالحركة ولكنها ليست الحركة الحسية العرضية في الأين والوضع والكم والكيف بل الحركة التي تقع في جوهر وصميم المادة والتي يستطيع الفيلسوف وحده أن يزيح الستار عنها بالتحليل العقلي العميق. كما أننا سنبيِّن كيف أن التفسير الصدري للزمن لا يقبل المحاولات العلمية الجارية لتكميمه على الصعيد الفيزيائي النظري في ظل نظرية قادرة على الجمع بين النظرية الكوانتية والنظرية النسبية العامة.


هدف الكتاب أن يبيِّن أن العلم بمنهجه التجريبي الاستقرائي يتكامل مع الفلسفة بمنهجها العقلي الاستنباطي، فكلاهما يضع حجراً في البناء الذي يعكس شكله ومحتواه الصورة الكلية المتناسقة للعالم. لا أحد يستطيع أن ينفي على نحو المطلق أن كل هذه الحقائق التي تتناولها العلوم التجريبية ليس وراءها في مرحلة تتجاوز الحس حقائق أعمق منها وتتكامل معها. إن أقصى ما يخالط الفكر العلمي التجريبي هو الشك في وجود عالم مجرد يزخر بالحقائق المجردة أما النفي المطلق لهذا العالم وحقائقه المجردة التي تقف وراء ما نشاهده من ظواهر فهو غير ممكن، ذلك لأن النشاط العلمي التجريبي يقتصر على شؤون وأعراض المادة نفياً وإثباتاً. وأما إثبات الجوهر المادي وراء الظواهر الطبيعية فهو من حق العقل الفلسفي، فبعد أن يثبت الفيلسوف وجود الجوهر المادي خارج الذهن يأتي دور العلوم لكي تبحث عن

أسرار الطبيعة وأعراض المادة، ولا يحق للعالم الطبيعي أن يمارس المنهج العلمي ذاته في نفي أو إثبات الوجود اللامادي. القرآن الكريم يؤكد للإنسان أن لا سبيل لنفي الوجود الإلهي على نحو اليقين، إن الملحد يختزن في داخله الشك في وجود اللّه والعالم المجرد «أفي اللّه شك فاطر السموات والأرض» فليس هناك نفي يرتقي إلى اليقين إنما هناك شك ذلك من كانت حواسه طريقاً إلى المعرفة فليس في مقدوره أن يتجاوز دائرة الحس ليصدر حكمه النهائي على مستوى النفي أو الإثبات الجازم في القضايا المتعلقة بما وراء الحس. ويصف القرآن حال المنكرين لآياته فيقول «إنهم كانوا في شك مريب» فلم يكونوا ليتحركوا تجاه قضية الغيب الحركة المطمئنة الثابتة التي تعي كل ما في الطريق من أخطار ومفاجآت بل كانوا يختزنون في داخلهم صراع الشك حول المصير الذي سيؤول إليه كل واحد منهم عندما يطوي الطريق الذي يمثل مقدار حياته في عالم الطبيعة. إذن لا يملك هؤلاء اليقين في قضايا الغيب والعالم الآخر. كما أن القرآن في موضع آخر يؤكد على أن هؤلاء الذين سجنوا أنفسهم برباط الطبيعة والهوى وصنعوا آلهة لا تعترض رغباتهم ولا تتدخل في شؤون حياتهم ليس لديهم البرهان القاطع على نفي العالم الآخر فيقول سبحانه وتعالى «ومن يدع مع اللّه إلهاً آخر لا برهان له به».

وما دامت العلوم بمنهجها التجريبي غير قادرة على نفي أو إثبات مثل هذه الحقائق المجردة فإن الفلسفة بمنهجها العقلي تعتبر الامتداد المكمل للعلوم لأنها تستطيع أن تبرهن على وجود واقعية مجردة في العمق تصنع عالمنا المادي وظواهره. فإذا كان العالم له ظاهر مشهود ينال بالحس وباطن مستور ينال بالعقل فإن الصورة الكلية للعالم تتطلب دورهما معاً. إذن العلوم الحسية تعبّر عن مرحلة أولى في الإطار الطبيعي من المعرفة نتمكن من خلالها من فهم الظاهر الحسي لهذا العالم ثم تأتي الفلسفة لتعبّر عن مرحلة ثانية من المعرفة تعكس البعد الأعمق والخلفية التي تستند إليها المعرفة الطبيعية فنتمكن على ضوء المرحلة الثانية من فهم الباطن الذي يختفي وراء هذا الظاهر المحسوس.

جاسم حسن العلوي

القطيف 18/ 12/ 1422هـ



الفصل الأول

المنهج العلمي والمنهج الفلسفي



قبل أن نستعرض الرؤى العلمية والفلسفية لبعض المسائل التي تدخل في ميدان البحث العلمي والفلسفي على السواء، يجب أن نفرِّق بين الفلسفة والعلم أو بين المسألة الفلسفية والمسألة العلمية بشكل دقيق، لأن هذا التداخل بين هذه المسائل قد يجعل العالم الطبيعي يصول في ميدان الفلسفة والفيلسوف يصول في ميدان العلم، مما يجعلنا نعالج المشاكل وفق مناهج وأساليب تتناقض وطبيعة المشكلة موضوعة البحث. فقد نعالج مشكلة علمية تتطلب حلاً يخرج من أبواب المختبرات بالأسلوب الفكري المتبع في الفلسفة، وقد يحدث أن نطلب جواباً عن سؤال يتعلق بالفلسفة باتباع الأسلوب العلمي القائم على التجربة والذي يقدم أجوبته عن المسائل من داخل أروقة المختبرات وعبر ركام الآلات وأدوات القياس. من هنا كان لا بدَّ لنا أن نصنف الموضوعات أو المسائل الداخلة ضمن البحث العلمي أو الفلسفي حتى نتمكّن من دراسة الموضوع باستخدام المنهج المناسب. وحتى نتمكّن من تحديد هوية المسائل وإلى أي علم تنتمي، علينا أن نشخص موضوعات العلوم المختلفة. فمثلاً، نحن نعرف أن علم الفيزياء موضوعه الظاهرة الطبيعية، وعلم الكيمياء موضوعه التفاعلات التي تتم بين مختلف العناصر الأولية، وعلم الأحياء موضوعه الكائنات الحية، وبالتالي فإننا نستطيع على ضوء معرفتنا بموضوعات هذه العلوم أن نحدد ما إذا كانت مسألة ما تنتمي إلى علم الفيزياء أو علم الأحياء، وهكذا بقية العلوم. وإذا ما كشفنا عن هوية المسألة، قمنا بمعالجتها بالأسلوب الخاص المتبع في كل علم. وإذا كانت الطبيعة بما تزخر به من ظواهر وعناصر وأحياء هي موضوع العلوم، فما هو موضوع الفلسفة؟ وما هي المسائل التي أخذت على عاتقها الإجابة عنها؟

تبحث الفلسفة في الموضوعات ذات الطابع الكلي والشمولي، فموضوعها الأساس مطلق الوجود وأحكامه. ويدور البحث الفلسفي في واقعية الوجود من عدمه، فإذا كانت العلوم تبحث في موضوعات محددة مفروضة الوجود فإن الفلسفة تبحث في واقعية هذه الموضوعات من عدمه على ما هو عليه بنحو كلي، بمعنى هل أن هذه الموضوعات لها مصاديق حقيقية في الخارج ـ الحقائق ـ أم لا. ليس من مهمة الفيلسوف أن يرصد الظاهرة الطبيعية ويدرس أسبابها والعلاقات التي تربط مختلف أجزائها، وتربطها بالظواهر الأخرى فتلك مهمة العالم الطبيعي، إن ما يقلق الفيلسوف ويشغل جل تفكيره هو ما إذا كانت الظاهرة الطبيعية ذات وجود واقعي في الخارج أم لا، وكذلك ما إذا كانت الظاهرة الطبيعية تنعكس من وجود حقيقي أعمق يختفي وراءها أم أن الموجود فقط هو هذه الظاهرة التي تستثير فينا الإحساس ولا يوجد خارج إحساسنا أي وجود واقعي. وحتى يتضح الأمر أكثر، لنضرب لذلك مثلاً، عندما يكون الموضوع هو جسم الكائن الحي، مم يتركب وما هي الوظائف التي تقوم بها مختلف أعضائه، فنحن نتناول موضوعاً يتعلق بعلم الأحياء، وعندما ندرس القوى الخارجية المؤثرة في حركة هذا الجسم، فنحن نبحث موضوعاً في علم الفيزياء، وإذا أردنا معرفة ما يجري في أجهزة الهضم لدى هذا الكائن من عمليات تحليل للمادة المأكولة، نكون قد انتقلنا إلى موضوع يتصل بعلم الكيمياء، أما إذا أردنا أن نعرف هل لهذا الجسم وجود خارجي أم لا، فنحن نطرح تساؤلاً فلسفياً.

وبعد، فقد أصبح واضحاً أن موضوع الفلسفة هو ذات الوجود على ما هو عليه أعم من أن يكون مادياً أو مجرداً ممكناً أم واجباً حادثاً أم قديماً علة أم معلولاً ثابتاً أم سيالاً، وأن موضوع العلوم الطبيعية هي آثار هذا الوجود المادي وظواهره المادية. ولكن على ضوء أي منهج يقوم الفيلسوف أو العالم بدراسة الموضوعات الخاصة به؟ وما هو نوع الدليل الذي يستخدمه الفيلسوف أو العالم ضمن المنهج المتبع كي يتوصل بواسطته إلى الحقائق؟

يمكننا أن نُعرِّف العلم الطبيعي بأنه العلم الذي يدرس آثار وظواهر المادة، محاولاً الكشف عن القانون الطبيعي الذي يتحكَّم في هذه الظواهر والآثار، ويلجأ لفهم العناصر المكونة للظاهرة وارتباط هذه الظاهرة أو تلك بغيرها من الظواهر إلى المنهج التجريبي.

لقد اهتم الفلاسفة القدماء بعدد من الظواهر الطبيعية، لكنهم بدل من أن يدرسوا الأسباب المادية وراء هذه الظاهرة أو تلك والعلاقات التي تربط مختلف أجزائها، والتي تربطها بالظواهر الأخرى وكذلك العوامل الخارجية المؤثرة عليها، قدموا تفسيرات تعتمد على الطريقة العقلية القياسية، في حين أننا إذا ما أردنا أن نفهم الظاهرة الطبيعية كما هي في الطبيعة علينا أن نتبنى الأسلوب التجريبي المتبع في العلوم. من هنا نفهم كيف سادت نظريات خاطئة الوسط العلمي لمئات من السنين لأن المنهج المتبع كان خاطئاً. فعندما قال أرسطو إن الأجسام الثقيلة تسقط قبل الأجسام الخفيفة ظلّت حقيقة مسلّماً بها ربما كان السبب في بقاء هذه النظرية مدة طويلة ربما يعود لشخصية أرسطو العلمية الضخمة، حتى قام جاليلو بتجربة برج بيزا الشهيرة والتي برهنت على بطلانها. وقد أرسى جاليلو بهذه التجربة التي أجراها في القرن السابع عشر دعائم المنهاج التجريبي الذي قام عليه العلم الحديث.

المنهج العلمي يقوم على مجموعة محددة من الخطوات العقلية والتجريبية يتبعها العالم الطبيعي من أجل الكشف عن الحقائق العلمية. المحور الذي يميّز المنهج العلمي عن غيره هو اعتماده على التجربة كأساس في البرهنة على الحقيقة العلمية. قد يسبق الفكر النظري العلمي البحث التجريبي بسنوات عديدة في الوصول إلى نظرية معيَّنة، لكن هذه النظرية لا ترتقي إلى مستوى التصديق والقبول حتى يتم إثباتها تجريبياً. وهناك الكثير من الأمثلة التي سبق فيها البحث النظري البحث العملي في اكتشافه للحقيقة العلمية، لكن صاحب هذا الاكتشاف لا يمنع التقدير العلمي حتى يبرهن عملياً على صحة هذا الاكتشاف، ممثلاً لم يحصل آينشتاين على جائزة نوبل للفيزياء لكونه توصل بمفرده إلى النظرية النسبية العامة لأنه توفي قبل أن يبرهن على صحتها تجريبياً، رغم أن هذه النظرية تُعد واحدة من أكثر النظريات إثارة في الفيزياء النظرية منذ ثلاثمائة عام. وكذلك لو دوبروي لم يمنح جائزة نوبل لأنه توصل في العام 1924 إلى وجود خصائص موجية للأجسام إلاّ عندما ثبت عملياً في العام 1927 أن الأجسام لها خصائص موجية. إن ما يُميِّز العصر الحديث عن بقية العصور هو قدرتنا على تقييم النظريات والأفكار عبر الوسائل العلمية والتي كان للتطور التقني أهميته الكبرى في دفع النظريات العلمية إلى الأمام أشواطاً بعيدة بتسارع لم يشهد له مثيل من قبل. إذن التجربة هي الحلقة

الهامة من بين خطوات المنهج العلمي الحديث التي ترتكز عليها العلوم في دراسة الطبيعة.

يقوم المنهاج التجريبي على الخطوات التالية: **الملاحظة، الفرضية، التجربة، القانون أو النظرية**. وقد لا تأتي هذه الخطوات على هذا النحو من التتابع، فمن الممكن أن تسبق التجربة الملاحظة أو أن تسبق النظرية العلمية التجربة كما أن من الممكن أن يجنح خيال العالم ليتصور نظاماً خاصاً يبني عليه فرضياته قبل أن يعاينه في الواقع.

الفرضية هي تصور يحاول أن يعطي تفسيراً للظاهرة الطبيعية المشاهدة. بعدها يقوم العالم باختيار هذه الفرضية من أجل التأكد من صحتها، وإذا ما ثبت بالتجربة صحتها وانسجامها مع التجارب وأنها تستطيع عملياً أن تفسر الظواهر الطبيعية تتحول هذه الفرضية إلى نظرية أو قانون علمي. إن الفرضية بما هي فكرة تسبق التجربة وتحدد الطريق الذي يسير عليه البحث التجريبي. ويرى كلود بيرنار وهو العالم الفيزيولوجي الفرنسي أن الفرضية هي الخطوة الأولى الضرورية لكل استدلال تجريبي، أما التجربة بذاتها بدون التصور المسبق فهي ركام من الملاحظات والشواهد الفارغة. لا بدَّ أن يسبق التجربة فكرة نحاول أن نختبر صدقها من كذبها بواسطة التجربة، فهي ـ أي الفرضية ـ بمثابة الذهن الذي يحرك بدن الإنسان ويوجهه. من هنا تلعب الفرضية دوراً مهماً في العلم التجريبي الحديث الذي يمكن أن نصف منهجه بأنه فرضي ـ تجريبي.

النظرية هي بنية فكرية تتضمن مفهوماً يستطيع أن يفسر المشاهدات الموجودة ويستطيع أن يتنبأ بمشاهدات جديدة. فمعرفتنا بحركة النظام الشمسي بواسطة قانون الجاذبية لنيوتن تمكننا من أن نحدد زمن حدوث الكسوف والخسوف. قد يحدث أن تعطي التجارب مشاهدات لا تستطيع النظريات القائمة تفسيرها. في هذه الحالة يقوم العلماء بوضع نظريات جديدة تستطيع أن تفسر هذه المشاهدات وكذلك المشاهدات السابقة التي تمكّنت النظرية القديمة من تفسيرها. عندما يتم استبدال نظرية قديمة بأخرى قد لا يعني هذا أن النظرية القديمة خاطئة بل يعني أن لها تطبيقات محدودة، ولكي نتمكّن من تفسير نطاق أوسع من المشاهدات يتم إدخال مجموعة من التعديلات على النظرية القديمة. فمثلاً نظرية آينشتاين للجاذبية استطاعت أن تفسر ما

عجزت عنه نظرية نيوتن للجاذبية، هذا لا يعني أن نظرية نيوتن للجاذبية خاطئة بقدر ما تعني أن تطبيقاتها محدودة وأن نظرية آينشتاين تستطيع أن تأخذنا إلى مدى أوسع.

علينا أن ننبه إلى أن الحقائق العلمية ليست حقائق مطلقة، ولا أدل على ذلك تحول العلماء من نظرية إلى أخرى، بل هي حقائق صحيحة ونسبية في حدود دقة وتطور الأجهزة المستخدمة. إن تغيّر النظريات العلمية لا يعني أن الكون حقائقه متغيرة بقدر ما يعني أن الزاوية التي نرى بها الواقع قد تغيّرت. فالكون في ذاته بصرف النظر عن وجودنا له حقائقه الثابتة والمطلقة في كل زمان ومكان ونحن منذ وجودنا نحاول أن نستكشف هذه الحقائق وأن نرسم في أذهاننا الصورة التي تتطابق مع تلك الحقائق الثابتة وأن نبني بحسب فهمنا لها حضارتنا البشرية. فالفرضيات العلمية إما أن تكون صادقة ومطابقة للواقع أو لا تكون وليست هي في مرحلة ما تكون صادقة وتكون في مرحلة لاحقة أكثر صدقاً، فإما هي صادقة أو كاذبة وليس هناك تدرج وتكامل في الحقيقة ذاتها كما يزعم الماديون، فمعرفتنا أن الماء مكوّن من هيدروجين وأوكسجين يتحدان بنسبة 1 إلى 2 أو أنه يغلي عند درجة مئة درجة مئوية معرفة غير قابلة للتطور أو التكامل فهي حقائق ثابتة في ذاتها منذ وجود الأرض وقبل وجود العقل المفكر. إن معرفتنا بالطبيعة تنمو رأسياً وأفقياً مع تزايد الحقائق المكتشفة ولكن الحقيقة الواحدة لا تنمو أو تتكامل فإما أن يصيب فكرنا الواقع أو لا يصيب. إن المعرفة كما يتصورها كانت معرفة فاقدة لقيمتها الموضوعية ما دامت النظريات الصادقة والكاذبة على السواء لا تُعبِّر عن واقع موضوعي قائم يزخر بالحقائق الثابتة بل تُعبِّر هذه النظريات عن معرفة ذاتية يصنعها العقل بقوالبه الجاهزة. فعندما نقول عن هذه النظرية أو تلك إنها تُعبِّر عن حقيقة كونية إنما نقصد أن هذه النظرية أو تلك تتوافق مع الأدلة التجريبية والتي هي بدورها محدودة بحسب دقة وقدرة الأدوات والأجهزة المستخدمة. نخلص إلى أن العلوم المعتمدة على التجربة لا تستطيع أن تصل بنا إلى اليقين دائماً أو إلى الحقيقة المطلقة التي ليس معها شك ذلك لأن عماد هذه النظريات هو انسجامها مع معطيات التجربة وقدرتها على إعطاء النتائج العملية. ولكن ليس كل نظرية تمكّنت من إعطاء نتائج عملية أو ملائمة مع التجارب أصبحت صحيحة على نحو المطلق. فقد استطاع القدماء أن

يفسروا حادثة الخسوف والكسوف بالاعتماد على هيئة بطليموس التي جعلت من الأرض مركزاً للكون ورغم النتائج العملية الصحيحة التي تمخضت عنها، لأنه سواء افترضنا أن الأرض تدور حول الشمس أو الشمس تدور حول الأرض فإننا سنتمكن من معرفة وقت حدوث الكسوف والخسوف، إلاّ أن نظام بطليموس الفلكي لم يكن صحيحاً[1]. وكذلك النظرية القديمة الخاطئة التي تفسر عملية الإبصار بشعاع يخرج من العين ويقع على الجسم تستطيع أن تقنعنا بكيف تتم عملية الإبصار لأنها تحقق نتائج صحيحة في مدى معيّن من الرؤية. وسواء افترضنا أن الشعاع يخرج من العين ويقع على الجسم أو أن الشعاع يخرج من الجسم ويقع على العين فكلا الفرضيتين تحقق عملياً رؤية الجسم. إذن من الممكن أن نسير بالفرضية في الطريق الخاطئ ونصل في النهاية إلى الهدف الصحيح. ثمة سبب آخر يجعل من العلوم التجريبية علوماً غير يقينية ذلك لأنها علوم تمثل الحواس المقدمات التي يعتمدها العلماء في سياق التدليل على صحة فرضية معيّنة ولا يخفى على أحد الأخطاء التي تقع فيها الحواس. وما دامت المقدمات الحسية تخطئ فمن الطبيعي أن تأتي النتائج خاطئة لأن القاعدة التي تقوم عليها غير صحيحة. ولا ننسَ باركلي أحد أقطاب المدرسة الحسية الذي أنكر الوجود الخارجي العيني للمحسوسات بسبب أخطاء الحس. فكل الحقائق العلمية حقائق نسبية في كثير من الأحيان رغم فوائدها وتطبيقاتها العملية الهامة التي خرجت بنا إلى الأفق الأرحب للحياة وقدمت لنا حضارة راقية لا مثيل لها في التاريخ الحضاري البشري على الإطلاق. ولكن كل هذا التقدم لا يلغي كونها حقائق ذات طابع نسبي تستند إلى الحواس التي تقدم للعقل الصور الحسية فيقوم العقل بالتحليل والتركيب والاستنتاج، فهي إذن الأساس التي يقوم عليها البناء الفكري النظري للعلوم التطبيقية، فإذا جاء الأساس ضعيفاً فما يؤسس عليه سيكون ضعيفاً أيضاً وربما يؤدي إلى انهياره. وسنرى فداحة الخطأ والغرور الذي وقعت فيه مدرسة كوبنهاغن عندما اعتبرت الميكانيكا الكوانتية الكلمة النهائية للعالم الذري رغم النقد الذي وجهه لها تيار يضم عدد كبير من العلماء. فلا ندري من أين جاء هذا القطع وهذا اليقين بهذه النظرية خلافاً للسياق التاريخي المعتاد الذي لم يوجد

---

(1) السيد محمد حسين الطباطبائي، **أسس الفلسفة والمذهب الواقعي**، دار التعارف للمطبوعات ـ بيروت.

فيه نظرية خالدة. ولسنا هنا من دعاة النسبية في المعرفة بل نؤمن بوجود معارف أولية وحقائق كونية وواقع موضوعي يمكن اكتشافه والوصول إليه بالشروط الموضوعية التي تكفل الوصول إلى المعرفة الصحيحة.

يعتمد المنهج التجريبي على **الاستقراء** الذي هو أحد أنماط الاستدلال الذي يمارسه الفكر البشري في تشييد قواعده ونظرياته. ونريد بالاستقراء كل استدلال يقفز فيه العالم من فحص وقائع جزئية إلى مبدأ عام يطال كافة الوقائع المشابهة والتي لم يتم فحصها مخبرياً. الاستقراء إذن يمثل حركة صاعدة تبدأ من الخاص الجزئي وتنتهي بالعام الكلي. وتأتي النتيجة المستخلصة بهذا النوع من الاستدلال أكبر من مقدماتها. فمثلاً عندما يريد العالم الطبيعي أن يدرس ظاهرة تمدد الحديد بالحرارة، يقوم بتعريض عدد معيّن من قطع الحديد للحرارة فيشاهد أن قطعة الحديد رقم 1 تمددت بالحرارة، والقطعة رقم 2 تمددت بالحرارة وكذلك القطعة رقم 3 وهكذا إلى أن يستكمل تجاربه على العدد المحدود من قطع الحديد الموجودة في مختبره فيقوم حينئذ بتعميم النتيجة وهي أن كل حديد يتمدد بالحرارة. وهنا نلاحظ أن نتيجة جاءت عامّة وشاملة لكل قطع الحديد التي لم يجري تجاربه المخبرية عليها وأنها ـ أي النتيجة ـ غير مستبطنة في المقدمات، لأنه لا يوجد في العدد المحدود من الحديد الذي يمثل مقدمات الدليل هذا المعنى الشمولي الذي جاءت به النتيجة. وبالتالي تكون النتيجة دائماً في هذا النمط من الاستدلال أكبر من مقدماتها لأنها اكتسبت صفة العموم والإطلاق. ومن المهم أن نوضّح أن الدليل الاستقرائي لا يمكن تبرير[1] نتائجه على أساس مبدأ عدم التناقض، فإذا جاءت النتيجة كاذبة والمقدمات صادقة فإن ذلك لا يستبطن تناقضاً منطقياً لأن النتيجة غير محتواة في المقدمات. فمثلاً لو أن مجموعة قطع الحديد التي تمّ فحصها تمددت جميعها بالحرارة ولكن جاء التعميم الاستقرائي على النحو التالي: ليس كل حديد يتمدد بالحرارة فإننا حينئذ لا نقع في تناقض لأن هذه النتيجة الكاذبة ليست أقل أو مساوية لعدد الشواهد التجريبية ـ المقدمات ـ حتى يستبطن ذلك تناقضاً منطقياً. وهذا الشكل من الدليل الاستقرائي الذي يدرس عدداً محدوداً من الحالات الجزئية الخاصة ليشيد في النهاية قاعدة عامة تشمل كل الحالات يسمى بالدليل الاستقرائي الناقص.

---

(1) راجع لمزيد من البيان **«الأسس المنطقية للاستقراء»** للسيد محمد باقر الصدر.

إن الاستقراء بذاته عبارة عن جمع عددي لحوادث تجريبية منفصلة ومستقلة وبالتالي فإنه لا يكفي لإنتاج معرفة عامة، بل لا بدَّ من رباط عقلي قبلي خارج عن التجربة يوحّد هذه الحوادث التجريبية المنفصلة فنتمكن على ضوء هذا الرباط من صنع معرفة جديدة. نقول هذا على ضوء المذهب العقلي في نظرية المعرفة ولكن هناك نظرية جديدة تدرس الأسس المنطقية للاستقراء على ضوء المذهب الذي يعتبر الدليل الاستقرائي تطبيقاً بحتاً لنظرية الاحتمال ولا يرى في الدليل الاستقرائي حاجة إلى الكبرى العقلية كما في نظر المنطق الأرسطي والذي تبناه فلاسفة الإسلام من مشائين وإشراقيين.

إن العالم الطبيعي عندما يقوم بتعميم النتائج لكل الحالات التي لم تقع تحت طائل التجربة فإنه يقوم بتطبيق قوانين أخرى غير مستوحاة من التجربة وخارجة عنها وهي القوانين العقلية البديهية. إن العالم الطبيعي يدرك بشكل تلقائي فطري أن هناك تناسباً بين الأسباب والنتائج، فالأشياء المتفقة في حقيقتها تتفق أيضاً في الأسباب والنتائج. ففي المثال السابق، قطع الحديد تكون متفقة الحقيقة. وبالتالي فإن النتائج التي نحصل عليها ستكون متشابهة عندما نجري التجارب ذاتها وفي الظروف ذاتها لكل قطع الحديد التي بحوزتنا. ومن معرفتنا أن هذه المجموعة من قطع الحديد تتمدد عند تعريضها للحرارة نقوم بتعميم النتيجة لكل الحديد الموجود في الكون وذلك بتطبيق المبدأ العقلي القبلي الذي يلزم منه تشابه النتائج عند تشابه الأسباب. ولو كانت التجربة هي المصدر الوحيد للمعرفة لما تمكّنا من أن نصل إلى حقيقة أبداً. ولك أن تتصور كيف يمكن أن نصل إلى حقيقة أن مادة الحديد تتمدد بالحرارة، فإننا حينئذ نحتاج إلى أن ندخل كل الحديد الذي في الكون إلى المختبر كي نقرر بعد ذلك أن جميع الحديد يتمدد بالحرارة، وهذا الجهد الذي بلا شك سيكون شاقاً بل ومستحيلاً لأننا لن نتمكّن من أن ندخل كل الحديد الذي على الأرض إلى المختبر فضلاً عن الحديد الموجود في بقية الكون، لكي نقرر حقيقة واحدة تختص بمادة الحديد وماذا عن بقية المواد وماذا عن مختلف الظواهر التي نحتاج إلى أن نسنّ قاعدة بشأنها. ومن الواضح أن التجربة تحتاج إلى قوانين خارجة عنها نستطيع بواسطتها أن نفهم الظواهر التي يزخر بها عالم الطبيعة وأن نبني النظريات العلمية في مختلف ميادين التجربة والمشاهدة.

ومن جملة تلك القوانين العقلية الكلية الضرورية لكل معرفة هي مبدأ العلية وقوانينها ومبدأ عدم التناقض والمبادئ الرياضية الأولية. هذه المعارف الأولية تمثل الإشراقات الأولى للعقل البشري وعلى هديها يبني الإنسان أفكاره ونظرياته العلمية والفلسفية. ويتم تطبيق هذه المعارف باعتماد الشكل الآخر من الاستدلال وهو أن يتحرك الفكر البشري من هذه القوانين العامة المتحكمة بمختلف ظواهر هذا الوجود إلى الحالات الخاصة الجزئية، وهذا النوع من الاستدلال الذي يكون اتجاه السير فيه نزولياً من العام إلى الخاص يسمى بالدليل الاستنباطي أو القياسي، وهو على عكس الدليل الاستقرائي الذي يكون اتجاه السير فيه صعودياً من الخاص إلى العام. إن صحة أو خطأ الأفكار تعتمد على التطبيق الدقيق لهذه المعارف. وبهذا يكون الدليل الاستقرائي الناقص الذي يستخدمه العالم في مختبره يستبطن دليلاً قياسياً مستنداً إلى معارف أولية ليست بنفسها أحد المعارف التي تنبثق من التجربة. بل إن الدليل الاستقرائي بشكليه الناقص والتام يحتاج إلى هذه المعارف الأولية على الدوام. هذا هو الاتجاه السائد في المذهب العقلي في نظرية المعرفة وخاصة في تفسير الدليل الاستقرائي.

ثم إننا إذا تأملنا في الدليل الاستقرائي، سنجد أنه بمعزل عن القوانين العقلية القبلية يُعاني من عدَّة مشاكل يفقد معها قيمته العلمية. إن ما يمكن للاستقراء العلمي أن يكشفه من مجموعة الشواهد التجريبية هو أن هناك اقتراناً بين ظاهرتين كظاهرة الحرارة وظاهرة التمدد لكنه يعجز عن إثبات الرابطة السببية بين الظاهرتين كما أنه لا يثبت أن هذا التمدد يحدث نتيجة لسبب خاص وهو الحرارة، كل ما يستطيع الدليل الاستقرائي أن يدلنا عليه هو هذا الاقتران المتزامن فقط ولكن السببية الخاصة للتمدد لا يستطيع أن يصل إليها بواسطة التجربة بنفسها، وإذا كان الأمر كذلك فمن الجائز أن يكون هناك سبب آخر غير الحرارة يستطيع أن يولد النتيجة نفسها، ومن الجائز أيضاً أن لا يحدث تمدد عند التعريض للحرارة ما دام هذا الدليل لا يكشف عن السبب الخاص وراء هذا الاقتران المشاهد في التجربة. إذاً الدليل الاستقرائي يعجز عن إثبات السببية والسببية الخاصة وراء ظواهر الاقتران التي تدلنا عليها التجربة، وهو لذلك دليل غير قائم بنفسه بل يحتاج إلى القوانين العقلية الغنية التي تساعده في دمج نتائج التجارب وربطها في مركب واحد يعكس حقيقة من حقائق الكون.

وحتى لو افترضنا أن الدليل الاستقرائي استطاع أن يكشف عن السبب الخاص لكل نتيجة يتوصل إليها فهل يستطيع بذاته أن يضمن استمرار هذه العلاقة السببية بينهما في المستقبل. الدليل الاستقرائي على سبيل الفرض يستطيع أن يعين السبب وراء ظاهرة التمدد ويعزوها إلى الحرارة ولكنه هل يستطيع أن يؤكد لنا أن هذا السبب سيعطي النتيجة نفسها في الوقت الذي لا نجري فيه التجربة. هذه من أصعب المشاكل التي تواجه من ينكر البداهة العقلية ويرى في التجربة المصدر الوحيد للمعرفة. نعم هناك محاولة جديدة تستهدف سد الثغرة الموجودة في تفسير الدليل الاستقرائي وهي مشكلة التعميم والقفز من الجزئي الخاص إلى الكلي العام حيث فسّرت الدليل الاستقرائي بوصفه تطبيقاً صرفاً لنظرية الاحتمال وهي تقوم بذلك في مرحلتين الأولى دراسة الدليل الاستقرائي في مرحلة التوالد الموضوعي والثانية دراسته في مرحلة التوالد الذاتي حيث يصعد الاحتمال في هذه المرحلة إلى درجة اليقين. هذا ما قام به المفكّر الإسلامي الكبير السيد محمد باقر الصدر في كتابه «الأسس المنطقية للاستقراء» والذي عبَّر فيه عن طريقة جديدة تختلف عن المذهب العقلي السائد في الفلسفة الإسلامية أسماه بالمذهب الذاتي للمعرفة.

أما الفلسفة فقد قلنا إنها العلم الذي يقوم بدراسة حقيقة الوجود والأحوال العامة له وتستخدم لذلك المعارف العقلية. الفيلسوف يقوم بدراسة شيئية الأشياء من حيث إنها موجودات واقعية لها مصاديق في الخارج. ويعتمد المنهج الفلسفي على الأسلوب التعقلي الذي يتخذ شكل الاستدلال الاستنباطي القياسي المكون من مقدمات عقلية محضة. والاستدلال القياسي أو الاستنباطي هو كل استدلال يتحرك نزولياً من العام إلى الخاص. ولما كان هذا الاستدلال ينطلق من مقدمات عامة إلى وقائع جزئية في الخارج فإن نتائجه تكون دائماً أصغر أو مساوية لتلك المقدمات. وإذا كانت النتائج أصغر من المقدمات أو هي محتواة في المقدمات فإنه يمكن تبريرها بواسطة مبدأ عدم التناقض. فإذا كانت المقدمات صادقة أو كاذبة فإن النتائج تتبع المقدمات في صدقها أو كذبها، ومن غير الممكن أن تكون المقدمات صادقة وتأتي النتائج كاذبة أو العكس لأن النتائج مستوعبة في المقدمات. فمثلاً لو انطلقنا من هذه المقدمة الصادقة وهي أن كل إنسان عاقل وطبقناها على أفراد الإنسان فستأتي النتيجة صادقة يقيناً وهي أن كل فرد يصدق عليه أنه إنسان يكون عاقلاً.

ومن المستحيل أن تأتي النتيجة على نحو يكون فيه أحد أفراد الإنسان غير عاقل لأن النتيجة تقع داخل نطاق المقدمة الصادقة التي تستوعب كل أفراد الإنسان وبالتالي فإن كذب النتيجة يستبطن تناقضاً منطقياً.

تختلف العلوم التجريبية عن العلوم العقلية كالرياضيات والميتافيزيقا من حيث قدرة العلوم العقلية على الوصول إلى نتائج قطعية في أغلب الأحيان ذلك لأن تطبيق المعارف الأولية لا يحتاج إلى التجربة والتي تكون قاصرة في الأغلب عن الإحاطة التامة بجميع ظروف الموضوع المراد فحصه، من هنا فإن النتائج في ميدان الطبيعيات تكون عرضة للشك والتغيّر. وعلى العكس من ذلك تتسم الحقائق الرياضية بالثبات والاستقرار لأنها تتمتع بالاستقلال التام عن تأثيرات المكان والزمان والأدوات والأشخاص والتي هي عوامل فاعلة في الميدان الطبيعي.

ولما كان هدف العلوم الطبيعية هو معرفة القوانين الطبيعية وتسخيرها لخدمة الإنسان ورفاهيته، فإن الهدف من العلوم الفلسفية هو الوصول إلى الحقيقة الكلية لهذا الوجود والتي تتضمن الأجوبة على كثير من المسائل المصيرية التي يطرحها الإنسان. وعلى هذا يكون هناك ارتباط وثيق بين الفلسفة والبعد الروحي للإنسان بينما هناك ارتباط وثيق بين العلوم الطبيعية والبعد المادي للإنسان. وإذا كانت حقيقة الإنسان هي محتواه الروحي فهذا يعني أن الفلسفة مقدمة من حيث الأهمية على هذه العلوم. الإنسان في هذا العالم ما لم يُجب عن التساؤلات الكبرى المتعلقة بوجوده في هذا الكون، إلى أي مدى تمتد حقيقة هذا الوجود وإلى أين يتجه الإنسان بعد هذا العالم، ما لم يُجب عن هذه وغيرها من التساؤلات المصيرية فإنه لن يعيش حالة الاستقرار الروحي والفكري مهما استطاع أن يشيد عالمه المادي ويجعله أكثر رخاءً ورفاهية. ولا يمكن للإنسان أن يتجاوز هذا النوع من التساؤلات مهما حاول أن يتجاهلها بل تظل تلازمه وتنعكس عليه في فكره وسلوكه. ونحن لا نقول إن الفلسفة هي مصدر الطمأنينة الروحية للإنسان بل إن اللّه هو مصدر هذه الطمأنينة، ولكن ما نود أن نقوله إن هناك جملة من التساؤلات تدور في خلد الإنسان حول اللّه والعالم والإنسان ويحتاج الإنسان كي يجيب عنها إلى الدليل العقلي الذي يشبع حاجاته الفكرية، وهذا الدليل العقلي متوافق مع نظرة الإنسان الفطرية للكون، ولا يتناقض معها إذا حرر من الأهواء وعبادة الذات. تماماً فكما أننا نطلق سراح أجنحة

العلوم كي تحلق في سماء المعرفة بلا ضوابط، لأنها مهما تمكّنت من إزالة الستار عن أسرار الكون فإن ذلك يرسخ القناعة بأن هذا الكون لا بدَّ أن يكون له خالق له كل صفات الكمال والجلال لأن الأثر لا يكشف على أن هناك مؤثراً فحسب بل ينعكس عن هذا الأثر قدرة وحكمة وجمال وعظمة ذلك المؤثر. وهكذا فما يجوز للعلوم الطبيعية يجوز لكل أنواع المعارف، فمهما أطلقنا سراح العقل والفكر محاولين الكشف عن الحقيقة الكلية لهذا الوجود فلن تكون كشوفاته متناقضة أبداً مع المعارف الدينية. إن في هذا الكون وحدة حقيقية في النظام والنواميس وفي كل المعارف، وهذه الوحدة الكونية هي امتداد لوحدة هذا الخالق العظيم. وهكذا يتضافر الدليل العلمي والفلسفي مع المعرفة الدينية لتشكل اليقين والاستقرار والطمأنينة الروحية والفكرية لدى الإنسان. فيتحرك الإنسان على الأرض وهو منسجم مع ذاته بوحدة متناغمة مع وحدة الوجود تعكس حقاً وحدة الموجد العظيم. وبهذه الوحدة يتولد للإنسان الشعور بالعشق والمحبة لهذا الكون وخالق هذا الكون فيصب الإنسان الرحمة المودعة في ذاته من الرحمن المطلق على هذا العالم، وينطلق بدافع الحب لإعماره وخدمة ما به من مخلوقات.

الرابط المشترك بين قضايا العلوم والفلسفة

عندما نريد أن نفهم أين يقع هذا التماس بين العلوم الطبيعية التي تجعل من التجربة الأساس في فهم القوانين الكونية وبين الفلسفة التي لا صلة لها بالتجارب بل تستمد كل معارفها عن طريق العقل وحده، علينا أن نفهم الطريقة التي يفكِّر بها الفيلسوف عندما يواجهه سؤال ما. فعندما يتساءل الفيلسوف مثلاً، هل المادة التي ندركها بالحواس والتي يكون لها كما هو ظاهر امتداد في الطول والعرض والعمق هي كل ما في المادة من حقيقة ولا يوجد شيء خارج إدراكنا للمادة يؤدي بنا إلى مزيد من الفهم لحقيقتها أو يقودنا إلى نتيجة أكبر من تلك التي تعطينا إياها الحواس؟ وعندما يرى ـ الفيلسوف ـ ما يجري للمادة من تغيّر، فقد تنحل إلى أجزاء صغيرة وقد تتشكل من مواد أبسط منها، وتتحرك فيتغير موقعها بين لحظة وأخرى ويتساءل هل أن ما يجري من سنن التغيّر الحاكمة على المادة يعكس شكلاً من التغيّر الأعمق يتم في صميم المادة أم أن كل التغيّر محصور في ما نشاهده ونلمسه

بالحواس؟ وهل الحركة التي تعرض على المادة هي أيضاً تنعكس من حركة أعمق تتم في صميم المادة؟ وهل الزمان شيء تحل فيه المادة أم أنه نتاج حركتها؟ وهل هذه الحركة هي ذاتية لها أم أنها عارضة عليها؟ من هنا نستطيع أن نتفهم كيف تتولد روابط مشتركة بين قضايا العلوم الطبيعية والفلسفة، وهذه الروابط كما يمكن أن نتصورها من خلال الأسئلة التي يحاول الفيلسوف الإجابة عنها تتمثل في أن الفلسفة أثناء سعيها لاكتشاف حقيقة الوجود فإنها تجعل من المسائل العلمية التي تهتم بظواهر العالم المادي الجسر الذي يقودها إلى النتيجة الفلسفية. وبعبارة أخرى فإن مسائل الفلسفة تنتزع من مسائل العلوم. ومعنى الانتزاع هنا أن الذهن يقوم بتكوين مفهوم كلي لمجموعة من الأشياء بعد أن يميّز بين صفاتها المشتركة ثم ينشئ من هذه الصفات المشتركة مفهوماً ذهنياً كلياً يصدق على جميع أفراد هذه المجموعة. فالإنسانية مفهوم منتزع من الصفات المشتركة التي تجمع بين أفراد البشر.

الفيلسوف يطرح على نفسه التساؤلات التي لا تتوقف أدوات العالم من الإجابة عنها. وتحتاج هذه التساؤلات إلى الفكر الذي يتحرك في الأفق المفتوح الذي لا تحده قدرة الأجهزة أو دقة الحواس. صحيح قد يكون الحس دليله الأول لأنه يستثير في ذهن التساؤلات لكنه كي يجيب عنها ينطلق من العقل ليصل به وحده إلى معارفه الفلسفية. فمن جملة هذه التساؤلات التي يستثيرها الحس في ذهن الفيلسوف، هل أن هذه الآثار والظواهر التي نستقبلها بالحواس هي جزء من حقيقة الوجود الذي أفرزها أم لا. هل أن هذه الظواهر التي نحس بها هي كل الحقيقة الوجودية أم أنها تشكل حجاباً يخفي في داخله حقيقة أكبر. فالفيلسوف ينطلق في مسيرته من الظاهرة ليصل إلى ما تخفيه وراءها من عالم يصنع كل ما نشاهده في الخارج من ظواهر وآثار المادة. وبتعبير بسيط نستطيع أن نقول إن الفلسفة تحاول أن تنتقل من الأثر إلى المؤثر. وهكذا يتكون لدينا قدر مشترك بين قضايا العلوم والفلسفة. وهنا نتساءل هل أن العلوم والفلسفة تحمل مفاهيم متطابقة لهذه القضايا أم أن لكل منهما مفهومه الخاص أو أن الفلسفة تمثل البعد الأعمق للحقيقة العلمية وبالتالي تكون الفلسفة البعد المكمل للحقائق العلمية، فجهود العلماء والفلاسفة تتضافر وتتكامل في تكوين صورة واحدة للعالم منسجمة ومتدرجة الحقيقة من المادي المحسوس إلى الباطن المجرد. وسنحاول في هذه الدراسة أن نتعرف على

بعض القضايا المشتركة بينهما وعلى المفاهيم التي يكونها كل منهما لهذه القضايا، وسنخلص إلى أن هذه المفاهيم مختلفة ولكن ليست متناقضة بل هي تشكل في أغلب الأحيان نوعاً من التكامل من حيث النظرة الكلية للعالم. فهناك اتصال واتساق بين الظاهرة المادية والحقيقة المستترة وراءها والتي تحاول الفلسفة إماطة اللثام عنها بالانتقال من هذا الظاهر الذي هو محل اهتمام العلماء إلى الباطن الذي هو محل اهتمام الفلاسفة. فحينما يقرر علماء الطبيعية وكذلك الفلاسفة في مرحلة من مراحل تطورهما الفكري على سبيل المثال بأن هناك امتداداً رابعاً للأجسام، امتداداً زمانياً، بالإضافة إلى الامتدادات المكانية الثلاثة (الطول، والعرض، والعمق) فهل هذا البعد الرابع المتفق عليه يشكّل وحدة في المفهوم أو هناك اختلاف في الرؤية لهذا الامتداد وإذا كان هناك اختلاف بينهما فهل يضع كلا العلمين على طرفي نقيض. وسنرى عند محاولتنا لفهم الرؤيتين العلمية والفلسفية لجملة من الموضوعات المشتركة أن هناك اختلافاً ولكن ذلك الاختلاف لا يؤدي إلى رؤيتين متناقضتين بل إن هذا الاختلاف هو شكل من أشكال التكامل في الرؤيتين، وهذا يعني أن الصورة الكاملة للعام صورة متسقة منسجمة بين ما هو ظاهر للحس والتجربة وبين ما هو مستتر عن الحس والتي لا يمكن الكشف عنها إلاّ بالدليل العقلي المحض، وكأننا أمام لوحة رائعة موضوعة في إطار يتناسق مع محتواها ويجعلها أكثر جمالاً.

أسس الرؤية التكاملية بين العلوم والفلسفة

ما دام هناك تكامل معرفي بين العلوم والفلسفة، وأن الفلسفة امتداد يكشف عن الجانب الآخر من الصورة التي لا تستطيع أدوات القياس أن تتعرف على تفاصيلها، ما هي القاعدة التي تنطلق منها رؤيتنا للتكامل بين العلوم والفلسفة؟ وبعبارة أخرى عندما تتعارض النظريات العلمية والفلسفية فما هي الأرضية التي تمثل الانطلاقة الصحيحة والهادية للفكر والتي يعتمد عليها دائماً في نهضته عندما يعيد المفكر النظر والتأمل في أفكاره حتى تستجيب لمتطلبات هذا التكامل؟ هذه القاعدة تتكوّن من عدّة مسلمات ضرورية تكون أسس هذه الرؤية التكاملية.

أولاً: أن الواقع يتمتع بالاستقلال الكامل عن الفكر. فليس الفكر جزءاً من الواقعية المادية لهذا العالم.

ثانياً: أن الفكر ليس له تأثير في الواقع الطبيعي كما أنه لا يفصل هذا الواقع على مقاييسه الخاصة وإلاً فقدت المعرفة قيمتها الموضوعية. إن العمل الفكري هو محاولة محايدة للوصول إلى هذا الواقع كما هو. قد يصعب التخلص من تأثيرات الواقع على المفكر الذي يمارس التفكير، لكن الفكر بذاته قوة مستقلة عن هذا الواقع وليست جزءاً منه.

ثالثاً: أن ما يحدث في هذا العالم من حوادث لا تتعارض مع المسلمات العقلية الضرورية للفكر والتي تمثل الانطلاقة الفكرية الأولية في البناء المعرفي. هذه المسلمة ضرورية لأنها تكون جسر الاتصال والتواصل بين العقل والواقع أو بين الفلسفة والعلوم. فلو أن ما يحدث في الطبيعة يخالف هذه الضرورات الفكرية فإن هذه التكاملية تفقد قيمتها وعلينا حينئذ أن نكيف عقولنا مع السلوك الطبيعي للأشياء حتى لو كانت تتناقض مع أفكارنا الفطرية. أو أن نعتبر أن مثل هذه الضرورات الفكرية هي نتاج الطبيعة ذاتها. لقد شهد الوسط العلمي صراعاً فلسفياً كبيراً استمر لأكثر من سبعين سنة ولا يزال حول قيمة الأفكار الفطرية وأهميتها في تشكيل رؤيتنا للطبيعة والعالم.



الفصل الثاني

المادة العلمية والمادة الفلسفية



التطور التاريخي لفيزياء الجسيمات الأولية

يبحث العلماء في مكونات المادة بهدف الوصول إلى مكوناتها الأساسية والتي تمثّل اللبنات الأولى في بناء العالم الطبيعي. لم يكن الوصول إلى هذه المكونات الأساسية حلماً يرواد علماء الطبيعة بل كان حلم الفلاسفة أيضاً. كان أرسطو يعتقد أن المادة الطبيعية تتكوّن من أربعة عناصر أساسية هي التراب، والماء، والهواء، والنار. وهذه العناصر المكونة لمادة الكون تتصف بالاتصالية التي تعني أنه ليس للمادة مكوّن نهائي، فتقطيع المادة إلى جزئيات صغيرة يمكن أن تستمر إلى ما لا نهاية دون أن نصل إلى حد نهائي من المادة لا يقبل القسمة ويكون بمثابة المؤسس الأول للبناء المادي. في المقابل شيّد الفيلسوف اليوناني ديمقريطيس مذهباً ذرياً يقوم على أساس انفصال المادة، أي أن المادة مكوّنة من ذرات يفصل بينها خلاء وهذه الذرات غير قابلة للانقسام فهي المادة الأولية في البناء المادي. ولقد أثبت العلم الحديث بما لا يدعو مجالاً للشك صحة النظرية الذرية. ولكن لهذه النظرية جانب علمي أكدته الكشوف العلمية وجانب فلسفي لا يمكن إثباته بالطرق العلمية وهذا ما سنوضحه في هذا الفصل.

في العام 1897 اكتشف طومسون J.J Thomson الإلكترون (e^-) وقد استخدم للكشف عن هذا الجسيم أنبوباً، في أحد أطرافه شعيرات حارة تنبعث منها هذه الإلكترونات. وبسبب الشحنة السالبة التي تحملها هذه الإلكترونات فإنه يمكن تسريعها باستخدام مجال كهربائي نحو شاشة فوسفورية تضيء في اللحظة التي يصطدم بها الإلكترون. لقد أدرك رذرفورد أن هذه الإلكترونات يجب أن تنبعث من

الذرات، وفي العام 1911 أثبت بأن هذه الذرات لها بناء داخلي، ففي المركز توجد النواة وهي ذات شحنة موجبة وتتركز فيها غالبية كتلة الذرة تدور حولها الإلكترونات سالبة الشحنة. لقد اقترح هذا النموذج الشمسي للذرة بناء على الطريقة التي انحرفت بها إشعاعات ألفا، وهي جسيمات موجبة الشحنة، عندما سلطها رذرفورد على رقيقة معدنية من الذهب. وظل الاعتقاد بأن الذرة مكوّنة من نواة بها جسيمات تحمل شحنات موجبة تسمى البروتونات (p) سائداً حتى العام 1932 عندما اكتشف جيمس شادويك James Chadwick من النواة تضم جسيمات أخرى لها تقريباً كتلة البروتون نفسها ولكن ليس لها شحنة سميت بالنيوترونات (n).

في العام 1928 دمج بول ديراك Paul Dirac معادلات النظرية الكوانتية مع معادلات النسبية الخاصة وجاءت المعادلات المدمجة بخاصية غريبة. لقد استطاع ديراك أن يبرهن على أن الجسيمات كالإلكترون له كتلة ويحمل شحنة سالبة يمثل حلاً لهذه المعادلات الأساسية، ولكن لهذه المعادلات حل آخر إذا قمنا باستبدال فقط الإشارة السالبة للإلكترون بأخرى موجبة مما يعني إمكانية وجود جسيم آخر له كتلة الإلكترون نفسها ولكنه يحمل شحنة موجبة. كان ديراك الأول في التاريخ العلمي الذي يتنبأ بوجود جسيم بطريقة نظرية بحتة. إن هذا الاكتشاف يفترض أن كل جسيم له نقيضه الذي يتفق معه في الكتلة ويختلف معه في الشحنة. وبالفعل في العام 1932، وهو العام نفسه الذي اكتشف فيه النيوترون، استطاع أندرسون Anderson باستخدام الغرفة الغيمية cloud chamber التي تبيِّن المسار الذي يسلكه الجسيم بواسطة الصور الفوتوغرافية. ويوجد في هذه الغرفة الغيمية مغناطيس قوي يؤثر على حركة الجسيمات. فالجسيم الذي يحمل شحنة موجبة يتحرك إلى الأسفل والجسيم الذي يحمل شحنة سالبة يتحرك إلى الأعلى. لاحظ أندرسون أن جسيمات تتحرك إلى الأسفل ولكنها ليست بروتونات لأن مسارها رقيق يشبه مسار الإلكترونات وبطريقة خاصة أثبت أن هذا الجسيم مضاد للإلكترون anti-electron وسمي بالبوزيترون positron (e^+). وبعد ثلاث سنوات من اكتشاف البوزيترون اكتشف الفيزيائي البريطاني باتريك بلاكيت Patrick Blackitt أن البوزيترون والإلكترون يمكن أن يتكونان عندما تختفي أشعة جاما ذات الطاقة العالية بعدما تمر من خلال رقيقة من الرصاص، كان ذلك أول برهان عملي على تحول الطاقة إلى

كتلة وفقاً لمعادلة آينشتاين الشهيرة

$$E = mc^2$$

حيث E تمثل طاقة الجسم، و m كتلته و c سرعة الضوء. كما أن الإلكترون عندما يلتقي بالبوزيترون يفنيان وينتجان أشعة جاما في عملية عكسية. لقد اعتبر آينشتاين الكتلة «طاقة مكثفة»، فالكتلة والطاقة يمثلان وجهين لعملة واحدة أو مظهرين لحقيقة واحدة. فعلى ضوء النظرية النسبية التي سنتعرض لها بشكل مفصل في بحث لاحق فقد العالم صفة الثبات المطلق، فما كان يعد من الثوابت والمسلمات في الفيزياء الكلاسيكية أصبح ثباته نسبياً، فكتلة الجسم المتحركة تزداد بمقدار طاقة حركتها أي أن الجسم إذا تحرك بسرعة معيّنة فإن طاقته الحركية تزيد من مقدار كتلته، فالكتلة بحسب التحليل النهائي للعلم هي طاقة مكثفة. وقد أثبتت التجارب ـ عملياً ـ صحة هذه النظرية أيضاً عبر الانشطار النووي الذي يتم عندما تتعرض نواة ذرة ثقيلة كاليورانيوم 235 لقذائف من النيوترونات تنقسم على أثرها إلى نواتين صغيرتين مجموع كتلتيهما أقل من كتلة النواة الأصلية ويعطي هذا الفارق في الكتلة طاقة قدرها 200 ميغافولت لكل حادثة انشطار. وكان لهذا الاكتشاف أثره الخطير والكبير على مسيرة التاريخ البشري في القرن العشرين على مختلف الصعد.

هناك علاقة رياضية تربط بين المدى الذي يمكن أن تؤثر فيه القوة والكتل الحاملة لهذه القوة. فكلما كان المدى كبيراً كانت الكتلة صغيرة؛ والعكس صحيح. فالقوة التي يكون مداها لانهائياً لا يكون للحامل لها كتلة. فالقوة الكهرومغناطيسية تمتد إلى ما لا نهاية ولذلك كان الفوتون الضوئي الحامل لهذه القوة ليس له كتلة. وإذا كان مدى القوة معروفاً فإن هناك طريقة لحساب الكتلة الحاملة له. وبهذه الطريقة تمكّن العالم الياباني هايديكي يوكاوا Hideki Yukawa في العام 1932 أن يحسب الكتلة التي تحمل القوة النووية strong force بين النويات (البروتونات والنيوترونات)، وقد وجد أن هذه الكتلة الحاملة عبارة عن سُبع كتلة البروتون ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة أو متعادلة وسمي هذا الجسيم الحامل للقوة النووية بالبايون pion (π). في العام 1947 اكتشف سيسل باول Cecil Powell البايون المشحون وفي العام 1950 اكتشف البايون المتعادل وبنسب الكتل ذاتها التي تنبأ بها يوكاوا.

في أثناء البحث عن البايون اكتشف العلماء بالمصادفة جسيماً له تُسع كتلة البروتون، ويُعرف هذا الجسيم بالميون muon (μ). ويأتي الميون على نوعين الموجب والسالب، ومن المعروف حالياً أن البايون ينحل إلى الميون.

كانت ظاهرة انحلال أشعة بيتا النووية في العشرينيات من القرن العشرين محيّرة للعلماء لأنها تتناقض مع قانون «حفظ الطاقة» وقانون حفظ «كمية الحركة». فعندما ينحل النيوترون إلى البروتون والإلكترون فإن طاقة النواتج لا تساوي طاقة النيوترون المنحل كما أن قانون حفظ كمية الحركة يفترض أن تكون حركة البروتون والإلكترون في اتجاهين متعاكسين ولكن الغرفة الغيمية أثبتت أن حركتهما ليست كذلك. كان العلماء أمام خيار صعب للغاية فإما أن يتخلوا عن قانون حفظ الطاقة وقانون كيمة الحركة أو أن يقبلوا فرضية وولفغانغ باولي Wolfgang Pauli التي تفترض وجود جسيم له كتلة صغيرة جداً أو ربما ليس له كتلة ولم تستطع الكواشف detectors أن تلتقطه أثناء التجربة. وبالفعل تمّ اكتشاف هذا الجسيم الذي سمي بالنيوترينو (ν) neutrino في العام 1956 وتعني الكلمة بالإيطالية الأجسام الصغيرة المتعادلة.

يوجد ثلاثة أنواع من النيوترينو، الإلكترون ـ نيوترينو (ν_e)، الميون ـ نيوترينو (ν_μ) والتاو ـ نيوترينو (ν_τ). جسيم التاو tau كان قد تم اكتشافه في العام 1975 وله كتلة تساوي تقريباً ضعف كتلة البروتون ويأتي على نوعين الموجب والسالب. وبما أن الإلكترون والميون والتاو لها خصائص متشابهة فقد وضعوها مع نيوترينوات التابعة لكل واحد منها في مجموعة واحدة تسمى اللبتونز Leptons.

كان ينظر إلى البروتونات والنيوترونات لأكثر من ثلاثين سنة على أنها جسيمات أساسية بمعنى أنها جسيمات نقطية بدون أي بناء داخلي. ولكن التجارب التي تضمنت تصادم البروتونات بعضها مع بعض أو مع الإلكترونات بسرعات عالية أثبتت أنها تتكون من جسيمات صغيرة جداً سميت بالكوارك quarks. وقد منح غيل مان Gull - Mann جائزة نوبل في العام 1969 لأبحاثه التي قام بها في هذا المجال حيث استطاع أن يبني نظاماً خاصاً بهذه الكواركات quark model يفسر من خلاله كل الجسيمات المعروفة في ذلك الوقت. يوجد في العالم ستة أنواع flavors من الكوارك (charm (c)، strange (s)، down (d)، up (u)، top (t)،

(bottom (b)). الثلاثة أنواع الأولى اكتشفت في الستينيات أما الأنواع الثلاثة المتبقية فقد اكتشفت في الأعوام 1974 و1977 و1995 على الترتيب. الكوارك u يتشابه إلى حد كبير مع الكوارك c والكوارك t إلاً أن الأخيرين لهما كتلة أكبر. ويتشابه كذلك الكوارك d مع الكواركين الـ s والـ b. وتصنف الكواركات مع البتونات إلى ثلاثة عوائل أو أجيال. ويقوم هذا التصنيف على أساس التشابه الكبير بين جسيمات المكونة للعوائل الثلاث إلى الحد الذي يمكن أن نقول إن هذه الجسيمات مستنسخة ولكن الاختلاف بينهم في تصاعد قيمة الكتلة. العائلة الأولى تتكون من (u, d, e^-, ν_e) والعائلة الثانية تتكون من (c, s, μ^-, ν_μ) والعائلة الثالثة تتكون من (t, b, τ^-, ν_τ).

إذن البروتونات والنيوترونات ليست جسيمات أولية أساسية في بناء الطبيعة، فالبروتون يتكوّن من ثلاث كواركات اثنين منها من النوع u وواحد من النوع d (البروتون uud) أما النيوترون فيتكون أيضاً من ثلاثة كواركات اثنين منها من النوع d وواحد من النوع u (النيوترون ddu). وباستخدام مسارعات الجسيمات particle accelerators يمكن أن نحصل على جسيمات أخرى تدخل في مكوّناتها الأنواع الأخرى من الكوارك (strange, charm, bottom, top) ولكن هذه الجسيمات تكون لها كتل كبيرة وغير مستقرة وسرعان ما تنحل إلى البروتونات والنيوترونات.

لكل جسيم دوران مغزلي محدد القيمة ـ كوانتي ـ كما أثبتت الميكانكا الكوانتية ذلك، وبحسب قيمة هذا الدوران تصنف الجسيمات إلى مجموعتين (ويجب أن لا نفهم الدوران المغزلي بالطريقة التقليدية، بل إن المعنى يكتنفه الغموض. في المفهوم التقليدي يحصل الدوران الكامل عندما يدور الجسم 360 درجة، ولكن في الفيزياء الكوانتية كل شيء يبدو غريباً ولا يتوافق مع بديهيات أفكارنا، فقد يحصل الدوران الكامل عندما يتحرك الجسم 720 درجة أو 180 درجة أو 90 درجة). المجموعة الأولى تتكوّن من الجسيمات التي تكون قيمة دورانها المغزلي أنصاف الأعداد الصحيحة (1/2، 3/2، 5/2، . . .) وتسمى بالفيرميونز fermions، والمجموعة الثانية تتكوّن من الجسيمات التي يكون دورانها المغزلي من مضاعفات الأعداد الصحيحة (0، 1، 2، . . .) وتسمى الـ«بوزونز» Bosons. . إن البوزونز هي الجسيمات ـ الكوانتا ـ المسؤولة عن حمل القوى التي تتفاعل من خلالها

المنظومات الكوانتية المختلفة، بينما الفيرميونز هي الجسيمات التي تؤلف مادة الكون.

النظرية الكوانتية تختلف في تفسيرها للقوة عن رؤية آينشتاين المبنية على الشكل الهندسي والتي حققت نجاحاً كبيراً في المنظومات الكبيرة كالكواكب والنجوم والمجرات ولكنها أخفقت على صعيد الذرات والجسيمات الدقيقة. وتعرض النظرية الكوانتية رؤية بديلة وشمولية للقوى أو التفاعلات التي تحدث فيما بين المنظومات الصغيرة والكبيرة فيما يعرف بنظرية «التوحيد الكبيرة» Grand Unification Theory. فالقوى بحسب هذه النظرية ـ الكوانتية ـ تتكون نتيجة تبادل كميات محددة من الطاقة تسمى كوانتا. وتختلف القوى باختلاف نوع الكوانتا المتبادلة، فالقوى الضعيفة week force سببها تبادل نوعية من الكوانتا هي جسيمات W و Z، والقوة النووية strong force التي تربط بين الكواركات المؤلفة للبروتون أو نيترون تتبادل نوعية من الكوانتا هي الغلاوون ويمتد تأثير هذه القوة الناتجة من تبادل الغلاوون ليحفظ البروتونات والنيوترونات في النواة الواحدة ضد قوة التنافر الكهربائية بين البروتونات فتتبادل جسيم البايون كما ذكرنا. أما القوة الكهرومغناطيسية التي تحدث بين الشحنات الكهربائية فتتبادل الفوتون. والبحث العلمي قائم في الكشف عن الغرافتون باعتباره الجسيم الوسيط الناقل لقوة الجاذبية بين الأجسام. وإذا تابعنا أو تقدمنا خطوة إلى الأمام سنجد أن حاملات هذه القوى هي من الجسيمات التابعة لمجموعة البوزونز التي دورانها المغزلي يأخذ القيم الصحيحة 0، 1، 2، . . .

ما بعد النموذج القياسي (standard model)

وبعد هذه المقدمة نعود إلى السؤال الأساسي ما هي الجسيمات التي تمثل اللبنات الأولى في بناء المادة؟ بالطبع ليس في استطاعتنا أن نقدم الدليل الحسي المباشر على هذا السؤال الكبير لأن الفوتون الضوئي الذي يقع تردده في مدى الرؤية البشرية أكبر بكثير من حجم الذرة، وبالتالي فإننا لا نستطيع من خلال النظر التعرف على مكوّنات الذرة. الحس وحده بمعزل عن العقل وقوانينه المستقلة لا يمكن أن يقودنا إلى فهم الطبيعة وأسرارها. وبالعقل والحس معاً دلت الأبحاث على أن هناك

ثلاثة جسيمات أساسية مسؤولة عن بناء المادة التي نراها من الكون وهي إلكترون والـ up كوارك والـ down كوارك. ولكن هل هذه هي نهاية المطاف والبحث المضني الذي أخذ الكثير من جهود العلماء والفلاسفة على امتداد عمر الإنسان على الأرض؟ هل هذه الجسيمات الثلاثة هي البذور التي تنمو منها الطبيعة وتتشكل؟ هل هي ذرات ديمقريطيس التي لا تقبل الانقسام كما تصورها قبل 2500 سنة أم أن البحث لا يزال قائماً وأن النهاية القطعية لم تلح في الأفق بعد؟

كلا، لم يكن ذلك الجواب هو نهاية فصول الرواية؟ وقبل أن نتعرض لما يدور في مخيلة وعقول أكابر علماء الفيزياء النظرية يجب أن نتطرق إلى الحاجة التي دعت هؤلاء العلماء على الصعيد النظري للذهاب أبعد من هذا الجواب رغم أن التجارب أكدت عدم وجود أي بناء داخلي لهذه الجسيمات. وعلى هذا فإن علينا أن نعطي وبشكل موجز وبعيداً عن التعقيدات الرياضية لمحة عن النظرية التي قادت البحث العلمي للجسيمات الأولية.

هذه النظرية تسمى النموذج القياسي standard model وهي وصف كامل للجسيمات التي يتألف منها هذا الكون والقوى الأساسية الذي تشكّل هذا العالم. وقد حققت النظرية العلمية في إطار النموذج القياسي توافقاً كبيراً مع التجربة. بل يمكن القول إنها أنجح نظرية علمية وضعت في تاريخ العلوم. يرتكز النموذج القياسي على دعامتين تشكلان الإطار التي يتحرك من خلاله البحث في فيزياء الجسيمات الأولية. أولى هاتين الدعامتين هي «التناظرية» Symmetry والتي تعني أن قوانين الفيزياء لا تتغيّر عندما نستبدل جسيماً محل آخر في المعادلات الخاصة. فعندما نستبدل أحد الكواركات بآخر أو عندما نستبدل جسيمات الفيرميونز بالبوزونز فإن هذه المعادلات تظل محفوظة ولا تتأثر. الدعامة الثانية التي يرتكز عليها النموذج القياسي هي أن وجود الجسيم يقتضي بالضرورة وجود المجال الذي يتفاعل معه[1]. فوجود الإلكترون يكشف عن ضرورة وجود الفوتون، ووجود الجسم يقتضي وجود الغرافتون ـ مجال الجاذبية ـ وهو الوسيط الذي يخلق قوة التجاذب بين الأجسام.

---

(1) Gordon Kane, *Supersymmetry: Unveiling The Ultimate Laws of Nature,* Perseus Publishing, 2000, p. 28 - 29.

ورغم هذا النجاح الكبير الذي حققته النظرية إلاً أن هناك العديد من التساؤلات ظلت قائمة ولم يستطع النموذج القياسي الإجابة عنها فكانت الحاجة ماسة لتطويره. كانت الحاجة إلى البديل الذي ينطلق من الإنجازات التي تحققت بفضل هذه النظرية ـ النموذج القياسي ـ. إن ما نحتاجه هو نظرية تختزن بداخلها النموذج القياسي وتنظر إلى العالم من زاوية أكبر تمكِّنها من الإجابة عن هذه التساؤلات.

ومن هذه التساؤلات التي عجز النموذج القياسي أن يجيب عنها هي عجز النظرية أن تقدم الآلية التي يمكن أن نفسر بها جسيمات الهيغز (جسيمات الهيغز تقع ضمن مجموعة البوزونز وقد كان افتراضها ضرورياً من أجل أن نحافظ على التناظرية في النموذج القياسي. فمن أجل أن تظل المعادلات محفوظة invariant يجب أن تكون لها الكتلة نفسها، لأن هذه المعادلات تعتمد على كتل الجسيمات. وكان المخرج الوحيد للحفاظ على الدعامة الأولى في هذه النظرية هي إلغاء جميع كتل هذه الجسيمات وافتراض جسيمات ـ الهيغز ـ تتفاعل معها فيصبح لكل منها كتلة)[1].

كما أن النموذج القياسي لم يستطع أن يفسر كيف أن الكون في مراحله الأولى يحتوي على أعداد متساوية من الجسيمات particle ونقيضاتها anti particle ثم تطور بعد ذلك بحيث تكون أعداد الجسيمات أكثر من نقيضاتها.

ولماذا توجد ثلاث عوائل من الكواركات والبتونات بينما يكفي عائلة واحدة لبناء العالم المادي؟ ولا يوجد في النموذج القياسي من قوانين تستطيع أن توضح هذا التنوع؟ لماذا العالم غني بهذه الكثرة من الجسيمات في حين أن مادته تتشكل من ثلاثة جسيمات فقط؟

ولماذا تتوحد القوى الأربع الأساسية (الجاذبية ـ الكهرومغناطيسية ـ الضعيفة ـ النووية) عند مسافات صغيرة جداً بالقرب من مقياس بلانك $10^{-34}m$ وتزول كل الفوارق التي بينها، ويصبح العالم ضمن هذه المسافات الصغيرة جداً في أبسط صورة له حيث تحكمه قوة واحدة؟ ليس في مقدور نظرية النموذج القياسي أن تربط لنا العالم في حجمه الحالي بالعالم عندما كان في حدود مقياس بلانك. من هنا

(1) المصدر السابق، ص 29.

تبدو الحاجة أساسية وملحة لنظرية تستطيع أن تصل بين العالمين، العالم كما نعرفه اليوم والعالم لحظة ولادته. وهذا الجمع يتطلب نظرية أساسية primary theory تجمع بين النظرية الكوانتية التي تستطيع أن تفسر المنظومات الصغيرة على مستوى الذرات والجسيمات الدقيقة، ونظرية لآينشتاين التي تستطيع أن تفسر العالم على مستوى المجرات.

المادة المظلمة dark matter التي دلت القياسات الفلكية على أنها تشكل أكثر من 90٪ من مادة الكون ظلّت هي الأخرى لغزاً لهذه النظرية. هذه المادة لا يصدر عنها أية إشعاعات قابلة للقياس، ولذلك لا نستطيع أن نراها[1]. لكن وجودها يمكن استشعاره عن طريق تأثير جاذبيتها على الأجسام التي نراها في الكون. أحد المبررات التي تدعونا لافتراض وجود هذه المادة هي أن المجرات تتحرك مبتعدة عن بعضها البعض بسرعة أقل من السرعة التي يفترض أن تتحرك بها لو أن تأثير الجاذبية عليها مصدره فقط الأجسام المرئية في الكون. هذا يدل على أن النجوم في المجرات تتحرك في فضاء يمتلئ بالمادة التي تبطئ من حركتها. والمادة المظلمة لا تشبه شيئاً مما نعرفه اليوم من مواد ويعتقد أن المادة المظلمة تتكوّن من جسيمات تسمى LSP (Lightest Super Partner) وهي اختصار لأخف نوع من الجسيمات التي لم تكشف عنها التجربة تسمى السوبر بارتنر SUPER PARTNER وهي جسيمات تشبه الجسيمات المعروفة ولكن تختلف عنها من حيث الدوران المغزلي والكتلة. فكما أن لكل مادة مادة مضادة تتساوى معها في كل الخصائص وتختلف عنها في الشحنة، فكذلك توجد لكل مادة مادة مرافقة لها partner تختلف عنها فقط من حيث الدوران المغزلي والكتلة. فالإلكترون يوجد له SUPER PARTNER يشبهه في الشحنة ولكن له دوران مغزلي صفر بدلاً من نصف. ويعتقد أن هذه الجسيمات تنحل إلى جسيمات النموذج القياسي (الإلكترونات والكواركات... إلخ) بالإضافة إلى LSP التي تتشكل منها المادة المظلمة التي تملأ معظم الكون[2].

---

(1) Michio Kaku, Jennifer Thompson, *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe*, Anchor Books, 1995, p. 144.

(2) Gordan Kane, *Supersymmetry: Unveiting The Ulitmate Laws of Nature*, Pereseus Publishing, 2000, p. 101 - 102.

وإذا كان أكثر من 90٪ من مادة الكون هي مما لا نعرف فماذا نعرف إذن من هذا العالم على نحو الجزم واليقين، رغم كل هذا التطور الذي تشهده البشرية فسبحان من علم بالقلم علم الإنسان ما لم يعلم.

السوبر سيمتري supersymmetry بديلاً عن النموذج القياسي

النموذج النظري البديل الذي يستطيع أن يعالج كل هذه المشكلات التي تواجه النموذج القياسي هي نظرية السوبر سيمتري supersymmetry. هذه النظرية تفترض بصورة أساسية أن لكل جسيم سوبر بارتنر super partner بمثابة ظله الذي يختلف عنه في الدوران المغزلي والكتلة. وهي بهذا تفترض ضعف عدد ما هو معروف من الفيرميونز والبوزونز. إن كتل جسيمات السوبر بارتنر تختلف عن كتل الجسيمات ولذلك فإن العالم محطم التناظرية broken supersummetry، فبعدما تكثفت مادة الكون وانفصلت وتناثرت في الفضاء الكوني زالت عنها التناظرية بعد أن كان الكون في البدايات الأولى لنشوئه في أكمل درجات التناظر. في هذه النظرية، التناظر قائم بين الفيرميونز والبوزونز (لذلك أضيفت كلمة سوبر لكلمة سميتري للدلالة على أن هذا التناظر يشمل كافة جسيمات الكون وهو تناظر أعلى مما عرفناه في نظرية النموذج القياسي) فالفيرميونز يمكن أن تتحول إلى البوزونز ويمكن العكس خلال سلسلة من التحولات في الزمان والمكان (الفيرميونز ⇔ البوزونز)، هذا يعني أن قوانين الطبيعة في المعادلات التي تتضمن النظرية الأساسية لا تتغير invariant عندما نستبدل الفيرميونز بالبوزونز والعكس. ويوضع حرف s أمام الفيرميونز للدلالة على السوبر بارتنر التابع لها (selectron, squark, sneutrinos) وتضاف الحروف ino في آخر البوزونز للدلالة على السوبر بارتنر التابع لها (photino, Wino, gluino, gravitino)[1]. هذه النظرية ـ السوبر سيمتري ـ هي أحد المكونات الهامة لنظرية الخيوط التي يحاول العلماء بناءها، وهي ذات طابع شمولي كوني تفترض أن الخيوط هي المكون الأساسي للطبيعة وليست الجسيمات النقطية كما يفترضها النموذج القياسي.

---

(1) المصدر السابق، ص 62 ـ 64.

نظرية الخيوط string theory

نعود للسؤال المحوري: هل توصل العلم الحديث بصورة قاطعة إلى المادة الأولية التي تشكل منها الكون أم أن الجدل لا زال قائماً والإجابة عن هذا التساؤل الكبير لا تزال بعيدة المنال.

الهدف الذي يسعى العلماء لتحقيقه هو إيجاد نظرية كونية شاملة لكل الأبعاد الزمانية والمكانية. الفيزياء الحديثة وفقاً للتطور التاريخي للأفكار لم تكن لديها رؤية شمولية للكون تندرج تحتها كافة المنظومات الكونية الكبيرة، على مستوى التجمعات النجمية والصغيرة وعلى مستوى الذرات والجسيمات. هذه النظرة التجزيئية للكون ولدت نظريتين متناقضتين علمياً وفلسفياً في نظرتهما للعالم. وكلا النظريتين تنجحان في المدى الكوني الذي تنطلق في تفسيره وتخفق عندما تتجاوز مداها إلى المدى الآخر. من هنا كانت الحاجة إلى نظرية يكون مداها الكون بأكمله تتحرك فيه بلا حدود أو فواصل. لقد نجحت النظرية الكوانتية في وصف سلوك وخصائص الجسيمات الأولية ولكن نجاحها قائم على افتراض أن تأثير الجاذبية صغير ويمكن إهماله. ونجحت نظرية النسبية العامة في وصف حركة الكواكب والتطور الزمني للنجوم والمجرات والثقوب السوداء، ولكن نجاحها قائم على التصور الكلاسيكي للعالم وأن النظرية الكوانتية في منطلقاتها الأساسية ليست صحيحة وغير كاملة.

نظرية الخيوط جاءت لتربط بين هاتين النظريتين وترفع التناقض القائم بينهما والذي نتج عنه كون وعالم منقسم ليس بين أقسامه جسور وروابط. في هذه النظرية فإن البذور الأساسية للطبيعة المادية ليست جسيمات نقطية كما يفترضها النموذج القياسي، بل خيوط لها طول وليس لها أي سمك. وبعدها الطولي يبلغ 10^{-33} m وهي بهذا الصغر تبدو وكأنها جسيمات نقطية، وقد تكون مفتوحة أو مغلقة. وتهتز هذه الخيوط بأنساق معيَّنة vibrational modes، وكل اهتزاز يمكن أن يوصف بمختلف الأرقام الكوانتية quantum numbers مثل الكتلة والدوران... إلخ. إذن الجسيم النقطي في هذه النظرية عبارة عن اهتزاز بطريقة معيَّنة لهذه الخيوط. فلو استطعنا أن نتفحص ما نعتبره جسيماً نقطياً يتحرك في الزمان والمكان لوجدنا أن هذا

الجسيم عبارة عن خيوط تهتز بنسق معيّن لتعطي مجموعة محددة من الأرقام الكوانتية التي تخص ذلك الجسيم[1].

المشكلة الحقيقية التي تواجهها هذه النظرية أن ليس في إمكانياتنا التقنية في الوقت الراهن وفي المستقبل القريب أن نتفحص هذه الخيوط التي يبلغ طولها $10^{-33}m$. إن قدرتنا التقنية أقل بكثير من هذا الرقم، لقد استطعنا أن نسبر أغوار المادة إلى 10^{-17} m وهذا يعني أن علينا أن نضاعف من قدراتنا التقنية حتى نستطيع أن نتحقق من صدق هذه النظرية.

إذن لا يزال البحث جارياً ولا زال العلم لم يقطع نهائياً بمعضلة وحدة البناء المادي.

الوجود العرضي للمادة ودلالاته الفلسفية

عندما نسأل العالم الطبيعي ما هي المادة فإنه يجيب أن المادة تتكون من مجموعة من العناصر البسيطة وهذه العناصر تتكوّن بدورها من ذرات تحتوي على إلكترونات تدور في مجالات محددة الطاقة حول أنوية مؤلفة من عدد من البروتونات والنيترونات. ولقد تمكّن رذرفورد مكن تحويل ذرة الهيدروجين إلى ذرة الهليوم عندما قذفها بأشعة ألفا، وبعد ذلك تمكنوا من تحويل ذرة الآزوت إلى الأوكسجين. وهكذا استطاع العلم أن يحول ذرات العناصر البسيطة إلى عناصر أخرى.

واستطاع العلم في مرحلة متقدمة أن يحوّل المادة إلى طاقة. كان ذلك على ضوء النظرية النسبية. وهكذا تمكن العلم من أن ينتزع من المادة صفتها المادية. إن تحول المادة إلى طاقة له انعكاساته على صعيد الفهم الفلسفي للمادة، فهذا التحول يعني أن المادية ليست صفة ذاتية لها بقدر ما تكون حالة عرضية، يكتسب فيها الجسم هذه الصفة وتحت ظرف خاص يمكن أن يفقدها. فإن الصفة الذاتية لشيء ما هي حقيقته التي لا يمكن أن تنتزع منه على الإطلاق، يبقى ببقائها ويفنى بفنائها. وعلى ضوء ذلك فالمادية ليست صفة تعكس حقيقة المادة بل هي أحد مظاهرها،

(1) Michio Kaku, *Hyper Space: A Scientific Odssey Through Parallel Universe,* Time Warps, and the 10th Dimension, Anchor Books, p. 153.

وبالتالي لا يمكن أن نصل بالتحليل العلمي للمادة للكشف عن هويتها، بل إننا في حاجة إلى الفهم البعيد عن ساحة التجارب، لأنه مهما تمكنا من تجزئة المادة فلن نصل إلى النتيجة التي تعبّر حقاً عن حقيقة المادة ما دام العلم قد كشف عن عرضيتها، تماماً كما استطاع العلم أن يكتشف أن المركبات حالة عرضية للمادة لأنها تنحل إلى عناصر بسيطة، وكذلك العناصر تعتبر حالة عرضية للمادة لأنه يمكن تحويل العنصر إلى عنصر آخر. وكذلك الطاقة التي تشكل المظهر الآخر للمادة يمكن أن تفقد هذا المظهر بالتحول إلى مادة. فقد أثبتت التجارب أن الفوتون الضوئي يمكن أن يتحول إلى إلكترون وبوزيترون عندما تكون لديه على الأقل طاقة مساوية 1.02 ميغا إلكترون فولت وهي تمثل مجموع كتلة الإلكترون والبوزيترون في حالة السكون.

وعلى ضوء ما توصل العلم له من نتائج مذهلة، سنحاول أن نبني المفهوم الفلسفي للمادة بشكل يمكن أن يعطي الصورة الكاملة للقارئ الكريم.

الجزء في البرهان الرياضي والفلسفي

طرح المتكلمون والفلاسفة المسلمون مسألة الجزء، وهي واحدة من المسائل التي ورثوها من العهد اليوناني. وانقسم المتكلمون حيال المسألة، فالأشاعرة آمنت بالجزء الذي لا يتجزء، وفي المقابل كان الخصم التقليدي لهم المعتزلة الذين اعتقدوا بأن كل جزء لا بدَّ أن يتجزأ إلى وحدات أصغر منه بشكل لانهائي. وقد قام البرهان الفلسفي على إثبات أن الجزء لا بدَّ وأن يكون له جزء بصرف النظر عن واقع إمكانية تجزئته بالوسائل العلمية. فنحن عندما نقول إن المادة مكونة من وحدات غاية في الصغر، بحسب التحليل العلمي، فهل يمكن لهذه الوحدات المتناهية في الصغر أن تكون مركبة من وحدات أصغر منها، وبدقة أكبر هل كل وحدة مهما كانت صغيرة يمكن تجزئتها بشكل لانهائي من الوحدات؟ وقبل الإجابة عن هذا السؤال الرئيسي يجب أن نؤكد على أن هذه الوحدات الصغيرة المكونة للمادة والتي مهما كان صغرها أن نفترض أنها تشكل امتداداً متصلاً وإلا لو افترضنا أنها لا تشكل امتداداً متصلاً بمعنى أنها مكونة من أجزاء وفراغ لكان في هذا الفرض البرهان نفسه على أنها مكونة من أجزاء. إذاً بقي علينا أن نثبت أن هذه الوحدة

المتصلة قابلة للانقسام إلى وحدات أصغر، بصرف النظر عن أن العلم بمقدوره تجزئة هذه الوحدة أم لا.

البرهان (1)[1] هذا البرهان رياضي يثبت أن أي امتداد متصل فهو كثيف تماماً. لو تصورنا خط الأعداد الحقيقية فإن أي عددين حقيقيين يوجد دائماً بينهما عدد نسبي وغير نسبي.

لو افترضنا أي عددين حقيقيين x و y، ولكي يكون البرهان شاملاً لكل القِيم الممكنة للعددين x و y سنقسم البرهان إلى ثلاث حالات:

الحالة الأولى: عندما نفترض

$$0 < x < y \Rightarrow (y - x) > 0$$

وباستخدام خاصية أرخميدس التي تنص على أن أي عدد حقيقي $x \in R$ حيث R تمثل مجموعة الأعداد الحقيقية فإنه يوجد دائماً عدد طبيعي $n \in N$ حيث N تمثل مجموعة الأعداد الطبيعية بحيث تكون $x > n$. وعلى هذا

$$n > (y - x) \Rightarrow \frac{1}{n} < (y - x) \Rightarrow 1 < n(y - x) = ny - nx$$

$$\Rightarrow nx + 1 < ny \qquad (1)$$

وباستخدام خاصية أرخميدس وذلك بافتراض عدد طبيعي $m \in N$ وبما أن حاصل ضرب أي عدد طبيعي في عدد حقيقي ينتج عنه عدد حقيقي فينتج عن ذلك

$$m > nx \geq m - 1 \qquad (2)$$

$$\Rightarrow m + 1 > nx + 1 \geq m$$

من المعادلة (1)

$$ny > nx + 1 \geq m \qquad (3)$$

---

(1) يمكن أن يستفاد من هذا البرهان في كتاب:
Robert G. Bartle, Donald R. Sherbert, *Introduction to Real Analysis*, Second Edition, John Wiley & Sons, 1991, p. 50-51.

من المعادلة (2) و(3)

$$nx < m < ny \implies x < \frac{m}{n} < y$$

وإذا وضعنا r=m/n بحيث $r \in Q$ حيث Q تمثل مجموعة الأعداد النسبية، إذن

$$0 < x < r < y$$

إذن يوجد بين كل عددين حقيقيين عدد نسبي.

الحالة الثانية: إذا كانت

$$x < y < 0 \implies -x > -y > 0$$

وباستخدام النتيجة التي حصلنا عليها من الحالة الأولى فإن ذلك يقتضي وجود عدد نسبي $\xi \in Q$ بحيث

$$-y < \xi < -x \implies y > -\xi > x$$

$$\implies x < -\xi < y$$

وإذا وضعنا $r = -\xi$ بحيث $r \in Q$ سنحصل على

$$x < r < y$$

وهو المطلوب إثباته.

الحالة الثالثة: إذا كانت

$$x < 0 < y \implies x < 0 < \frac{y}{2} < y$$

وذلك يقتضي وجود عدد نسبي $r \in Q$ بحسب النتيجة المستخلصة من الحالتين الأولى والثانية

$$x < 0 < \frac{y}{2} < r < y \implies x < r < y$$

والنتيجة أنه يوجد دائماً بين كل عددين حقيقين عدد نسبي.

أما بالنسبة إلى الأعداد غير النسبية والتي هي الأخرى تشكل أعداداً كثيفة أي

أنه يوجد دائماً بين أي عددين حقيقين عدد غير نسبي فالبرهان يكون كالتالي:

لنفترض عددين حقيقيين x, y بحيث

$$x < y \implies \frac{x}{\sqrt{2}} < \frac{y}{\sqrt{2}}$$

وحيث إن

$$\frac{x}{\sqrt{2}} , \frac{y}{\sqrt{2}} \in R$$

فإن ذلك يقتضي وجود عدد نسبي r بحيث

$$\frac{x}{\sqrt{2}} < r < \frac{y}{\sqrt{2}} \implies x < r\sqrt{2} < y$$

وحيث إن

$$r\sqrt{2} \in I$$

و I تمثل مجموعة الأعداد غير النسبية، فإن ذلك يعني أنه يوجد دائماً بين كل عددين حقيقيين عدد غير نسبي.

النتيجة هي أنه يمكن تقسيم هذا الامتداد المتصل إلى عدد لانهائي من التقسيمات، وهذا يؤكد أن كل جزء يمكن تقسيمه إلى عدد لانهائي من الأجزاء.

البرهان (2)[1] لو تصورنا هذه الوحدة المتصلة المتناهية في الصغر بحسب التحليل العلمي، ورسمنا دائرتين أحدهما داخل الأخرى بحيث يكون لهما مركز مشترك، وعيّنا نقطة على محيط الدائرة الأكبر ونقطة أخرى موازية لها على محيط الدائرة الصغرى. ولو تحركت هذه الوحدة بشكل دائري بحيث قطعت النقطتان قوساً على كل من الدائرتين، ومن الواضح أن النقطتين ستتحركان في اللحظة نفسها وستقف كل منهما في اللحظة نفسها أيضاً. ولكن النقطة الموجودة على الدائرة الأكبر ستطوي مسافة أكبر من النقطة الموجودة على الدائرة الصغرى.

المسافة القوسية التي قطعتها الدائرة الكبرى ستكون أكبر، رغم أن لكل منهما الدرجة نفسها (θ) بالتقدير الستيني. ولو افترضنا أن المسافة القوسية للدائرة الكبرى

(1) عرض هذا البرهان السيد محمد باقر الصدر في كتابه **فلسفتنا بشكل إنشائي**، ص 304.

والصغرى على الترتيب x_1، x_2 ونصف قطر الدائرتين على الترتيب r_1، r_2 فإن المسافة القوسية لكل منهما تعطى بالعلاقة التالية

$$x_1 = 2\pi r_1(\theta/360) \quad , \quad x_2 = 2\pi r_2(\theta/360)$$

وحيث إن $r_2 < r_1$ فإن ذلك يقتضي أن تكون $x_2 < x_1$. وحيث إن الدائرة الصغرى طوت مسافة أقل فإن هذه المسافة تعتبر جزءاً من المسافة القوسية للدائرة الكبرى. وهذا يعني أن المسافة التي اجتازتها النقطة البعيدة يمكن تجزئتها وتقسيمها. وهذا البرهان يؤكد على أن الوحدة المادية مهما تناهت في الصغر فإنه يمكن تجزئتها وتقسيمها بصرف النظر عن قدرة الوسائل العلمية على ذلك.

وإذا كانت الوحدة المادية قابلة للتجزئة إلى ما لا نهاية وهذه التجزئة قائمة لكون المادة بما هي مادة تمتلك القابلية لذلك. وعلى هذا الأساس فإن أية وحدة مادية مهما تناهت في الصغر فهي مؤلفة من وحدة أبسط منها، الأمر الذي يجعل محاولات تشطير المادة عملية لانهاية.

المادة والصورة

عندما ننظر إلى سائر الأجسام فإن الذهن يدرك أن حقيقتها مركبة من الجسمية وشيء آخر زائد على الجسمية هي صور الأجسام. فالمادة عندما نقوم بتحليلها في الذهن نجد أنها مركبة من مادة وصورة. فالماء بحسب التحليل العلمي مركب من عنصري الهيدروجين والأوكسجين متحدين بنسب خاصة، وفي التحليل الفلسفي الماء مادة يتمثل في حالة السيلان أو له صورة السيلان، ويمكن للماء أن يفقد خاصية السيولة ويتحول إلى غاز. وعلى هذا فالمادة لديها القابلية لأن تتعاقب عليها الصور بالترتيب، والمادة العارية من هذه الصور ليست في تحليلهم هذه الذرات وما يمكن أن يصل إليه التحليل العلمي من أجزاء كما سيتضح الأمر، بل إن المادة في المنظور الفلسفي الدقيق بما هي مادة هي محض الاستعداد والقابلية لتلقي صورة ما ولها كذلك القابلية لأن تتصف بصفة ما في المستقبل أي لها القابلية لأن تتشكل بصورة أخرى. وقد ثبت أيضاً في التحليل الفلسفي أن المادة ليست لديها القدرة لأن تتعاقب عليها الصور إلى ما لا نهاية[1]، فتناهي الصور يستلزم فناء هذا العالم

(1) فرح محمد موسى، **التحقق الوجودي في الإسلام بين البرهان والعرفان**، دار الهادي، 1992، ص 104.

المادي الناقص وعودته إلى الخير المطلق والكمال المطلق إلى اللّٰه عزَّ وجلَّ.

لقد أجمع الفلاسفة على أن لهذا العالم المحسوس حقيقة قبل وجوده. فقد أوجد اللّٰه من العدم لهذا العالم الحسي قبل وجوده الفعلي صورة مجردة في حالة من الفعلية تقوم بتحقيق هذا العالم وإخراجه من حيثية القوة والاستعداد إلى الحيثية الفعلية. فقد ثبت في الفلسفة الإسلامية وخاصة الحكمة الإشراقية والحكمة المتعالية الصدرائية أن هذا العالم المادي هو أخس مراتب الوجود وأضعفها، ولا يوجد شر ونقص ومعصية إلاً في هذه الرتبة الضعيفة من الوجود، وهو مسبوق بعالم متجرد عن المادة ولكن فيه أحكامها من الأشكال والمقادير والكم والكيف والوضع ونحو ذلك من الأعراض يسمى بعالم المثال، وعالم المثال مسبوق بعالم آخر متجرد عن المادة وأحكامها يسمى بعالم العقل، فهذه العوالم الثلاثة تمثل الحقيقة الوجودية المتفاوتة من حيث الشدة والضعف أو الشرف والخسة. فجميع ما في هذا العالم موجود في مرتبة من الوجود أرقى وأشد في عالم المثال وعالم العقل أو عالم البرزخ وعالم الروح بنحو أعلى وأشرف لا شرية فيه ولا مادة، والحقيقة الوجودية إنما تتنزل من تلك العوالم مرتبة مرتبة إلى أن تشرف على عالم الطبيعة. وهذه العوالم المجردة أبدعها اللّٰه من العدم إلى الوجود متحققة بالفعل فلم تبتدع بشكل تدريجي زماني كما هو الحال في عالم الطبيعة، ولذلك هي موجودات غير زمانية محيطة بهذا العالم قائمة عليه وهو متقوم بها. والتدبير الإلهي لهذا العالم يمر عبر هذه العوالم إلى أن ينزل إلى عالم الدنيا، فهي القناة التي يمر بها الفيض الإلهي. فليست القناة بهذا المعنى علة وجود هذا العالم بل هي المراحل التي يمر بها ذلك الفيض.

وما دامت الصورة هي التي تحقق المادة، فالمادة متلازمة مع صورتها لا تستطيع على الإطلاق أن تنفك عنها لأن وجودها يتحقق بها. ولا يعني ذلك أن الصورة هي العلة التامة في إيجاد هذا العالم الحسي كما بيّنا، بل هي علة غير مباشرة في إيجاده، تماماً كما أن الأب والأم علة غير مباشرة في وجود المولود. العالم محكوم بسلسلة من العلل والمعاليل تتقدم فيها العلة رتبة وشرفاً على المعلول. وهكذا الصورة بما لها من شرفية وخير وفعلية تتقدم على المادة التي تمثل عالم الظلمة والحجب والشر ومحض القوة والاستعداد. وقد ثبت لدى الحكماء

المسلمين أنه لا يمكن للمادة الهيولانية يعني المادة العارية من الصور أن تكون أقدم ذاتاً من الصورة لأن ذلك يوجب تقدم ما هو بالقوة على ما هو بالفعل وذلك يستلزم فناء الأشرف والأخس وينتهي الأمر إلى المادة ثم إلى العدم المحض. ثم لو افترضنا أن المادة الهيولانية لها ذات بالفعل فإن ذلك يوجب عدم حاجتها إلى الصورة، فهي متقومة بنفسها محققة لنفسها، فهذا ينفي أية إمكانية لتحقيق هذا الكون وبالتالي انقطاع الفيض الإلهي عن الموجودات. ثم إنه يلزم من تقدم المادة على الصورة أن الشر قد صدر عن اللّه هو الخير المطلق والكمال المطلق لما قد ثبت عند الحكماء من أن المادة ناقصة ومن هذا النقص ينبع الشر في هذا العالم. فالشر وإن كان عرضياً في هذا العالم، ومنبعه يكمن في الفقدان والنقائص ولا يوجد في حقيقته إلاَّ الخير، إلاَّ أن تقدم هذا الوجود الناقص يفضي إلى الاعتقاد بأن اللّه مصدر الشرور جل ربنا وعلا عن ذلك علواً كبيراً[1]. وإذا جاز تقدم المادة على الصورة كيف يمكن لنا حينئذ أن نفسر عالم الذر والميثاق الذي اتخذه اللّه على بني آدم من أنه ربهم وخالقهم إذا لم يتقدم هذا الوجود المادي صورة عقلية له.

والمادة قبل تحققها في هذا العالم أخرجها اللّه من العدم إلى الوجود ليس لها كم ولا كيف ولا شكل ولا صفة، بل هي موجودة على نحو من القوة والاستعداد والقابلية لتعانق وتتحد مع الصور من ذلك الوجود المجرد. وإذا كان قد ثبت فلسفياً وجود المادة الصرفة التي هي محض قوة خالية من الصور والتي يطلق عليها الهيولى الأولى فإنه لا يمكن للتحليل العلمي أن يصل إلى نتيجة ما، لأن العلم مهما توصل إلى وحدات متناهية في الصغر فهي دائماً وحدات مركبة من مادة وصورة فلسفياً. فالمادة الأصلية للعالم بالتحليل الفلسفي تكون أعمق من المادة العلمية التي مهما تناهت في الصغر فستظل مركبة من مادة وصورة، أما المادة البسيطة غير المركبة فلا يمكن إثباتها إلاَّ بالدليل الفلسفي والتحليل العقلي.

الإحساس والواقع الموضوعي

العلم لا يستطيع أن يبرهن على وجود المادة عن طريق الحس لأن الحس يخلق صورة للشيء المحسوس في الإدراك وهذه الصورة بذاتها لا تكشف عن

---

(1) المصدر السابق، ص 105 ـ 108.

الواقع الموضوعي للحس. الصورة هي تصور لا يرتقي إلى مستوى التصديق إلاَّ بالبراهين العقلية. بمعنى أن الصورة الإدراكية للحس بذاتها ليست دليلاً على وجود واقع موضوعي خارج الإدراك، ولكن الذي يثبت وجود هذا الواقع الخارجي هو البرهان العقلي المحض[1]. ولكي نفهم حقيقة الأمر دعنا نسأل السؤال التالي إذا كان الحس يدلل على وجود واقع خارجي فما الذي نأخذه من الحس حتى تتشكل عندنا هذه القناعة. إن الحس ينقل لنا صورة عن المحسوس وهذه الصورة الحسية عندما توجد في إدراك الشخص تتجرد عن ماديتها فكيف يمكن لها أن تبرهن على واقع مادي إذن. لا بدَّ من أن الذهن ينتقل مباشرة وبشكل آلي غير محسوس إلى معارفه الأولية ليبرهن على أن الصورة الحسية للأشياء التي وجدت في إدراك شخص ما لا بدَّ وأن تكون قد جاءت من واقع خارج مرحلة الإدراك وإلاَّ كيف نفسر وجودها فيه إذن. وبهذه الكيفية تعمل إدراكاتنا بشكل لحظي أو لنقل بشكل متزامن مع الصورة الحسية لاستخدام مبدأ العلية للتدليل على وجود واقع خارج مرحلة الإدراك، وأن الصورة الحسية ما هي إلاَّ أول الخيط الذي يقود العقل إلى إثبات الواقع الخارجي. إن المعارف الأولية تعمل في الإنسان بشكل غير محسوس، فالإنسان لا يحتاج معها إلى أن يجهد فكره حتى يتوصل إلى مبدأ العلية، أو حتى يفهم أن الجزء أصغر من الكل، أو حتى يفهم مثلاً أن النقيضين لا يجتمعان، وهذا ما يجعله يقرر بشكل خاطئ أن الحس هو الوسيلة الوحيدة للكشف عن الواقع الخارجي.

إن المنهج العلمي للعلوم الطبيعية يتناول الظواهر والأعراض من المادة فقط. وحتى نوضح كيف أن هذه الظواهر التي هي محور اهتمام عالم الطبيعة ليست هي حقيقة الوجود المادي، لنسأل السؤال التالي ماذا يمكن للعالم الطبيعي في مختبره أن يدرسه من المادة الموجودة وسط أدواته المختبرية؟ إن هذا العالم سيقوم بدراسة الكثافة، ودرجة الحرارة، والرائحة، وكيف يمكن لها أن تتحرك تحت تأثير القوى المختلفة، ومدى قابليتها للدخول في تفاعل ما وكل هذه الأشياء ليست هي المادة نفسها لأننا بالوجدان نفرق بين لون ورائحة ودرجة حرارة وحركة المادة والمادة

---

(1) السيد محمد باقر الصدر، فلسفتنا، دار التعارف للمطبوعات، 1990.

نفسها، فهي إذن ليست إلاّ أعراض وظواهر المادة ذاتها. وهذه الأعراض المادية تحتاج إلى المادة ذاتها التي تتلبس بها أو تقع عليها حتى يكون لها وجود، وهذا يعني أن وجودها متعلق ومرتبط بوجود المادة. فعندما نصف جسم ما بالبياض مثلاً فالكل يفهم أن الجسم غير البياض وأن البياض لا معنى له بدون هذا الجسم وكذلك أن البياض ليس صفة ذاتية للجسم لأن الجسم قابل لأن يفقد بياضه ويتحول إلى لون آخر غير البياض. تماماً كما أن الشعور والضمير والفرح والحزن والألم تحتاج في وجودها إلى النفس، فكذلك الآثار المحسوسة تحتاج إلى المادة. فالمادة التي يدرسها العالم الطبيعي لا تعدو هذه الأعراض التي يحس بها. أما حقيقة الجسم التي تقع عليه هذه الأعراض فلا يقع تحت طائل الحس والتجربة وهذا ما يطلق الفلاسفة عليه الجوهر. فالجوهر الذي هو منشأ هذه الظواهر لا يمكن إثباته بالتجربة بل يمكن ذلك عبر البرهان العقلي فقط. ومن هناك يتضح أن المادة الفلسفية لا يمكن إثباتها بالحس أو بالتجربة، وأن العلم نفسه الذي يقوم على أساس التجربة يعجز عن إثبات وجودها فضلاً عن كثير من القضايا التي آمن بها العلم والتي لا تقع تحت طائل الحس، كالكهرباء والجاذبية والذرة. . . إلخ. وعلى هذا يمكننا أن نعرّف المادة بحسب المفهوم الفلسفي على أنها جوهر قابل للصور والأعراض[1].

---

(1) السيد محمد حسين الطباطبائي، **نهاية الحكمة**، مؤسسة أهل البيت (ع)، 1986، ص 113.

الفصل الثالث

الزمن علمياً وفلسفياً

ما هو الزمن؟ سؤال يستغرق الكثير من الجهد ويحتاج الفيلسوف إلى الكثير من التأمل والتأمل ثم المراجعة حتى يستطيع أن يدلو بدلوه في هذا الأمر ثم لا يكون رأيه فصلاً ونهائياً.

ومهما كانت حقيقة الزمن التي اختلف العلماء والفلاسفة في تحديدها، فإن من الواضح للجميع أن الزمن هذا المصطلح العالي التجريد والواقعية لا أحد يستطيع الإمساك به أو تجميده أو الإسراع به أو النكوص به إلى الوراء، هذه هي الحقيقة التي يدركها الجميع بل ربما هي القدر المتيقن من فهمنا للزمن. قد يحلم البعض بتجميد الزمن وإيقاف عجلته المتحركة في لحظات السعادة والانتصار أو الإسراع نحو المستقبل من أجل نسيان ماض مرير أو تجاوز تجربة صعبة، وقد يتمنى البعض الرجوع بالزمن إلى الوراء لاستعادة ماض مشرق أو للهروب من آلام اللحظة الراهنة، كل هذه محض أمنيات، إذ ليس في مقدور أحد التحكم في هذه العجلة التي لا تكف عن الحركة المتجهة دائماً نحو المستقبل.

لم يحظَ مفهوم الزمن في الوسط العلمي بالإجماع الذي اعتدنا أن نراه في أغلب القضايا العلمية. ذلك لأن الزمن يقترب كثيراً من التجريد رغم واقعيته فلا أحد يستطيع أن يمسك به ويدخله إلى غرف الاختبار لفحصه والكشف عن حقيقته. ولكن هذا لا يعني أنه مفهوم ماورائي وغير مؤثر في العالم الفيزيائي بل على العكس هو عنصر محدد وهام في كل الظواهر الطبيعية. من هنا تبرز الإشكالية التي هزت التماسك المألوف في الجبهة العلمية. فكون العالم الطبيعي عالماً يتصف بالصيرورة والحركة فهذا يقتضي أنه لا يمكن فهم العنصر الحركي في الظواهر الطبيعية بدون البعد الزماني الذي هو بدوره مفهوم غير مادي لكنه واقعي ومؤثر.

يمكن أن نقسّم الزمان في المفهوم العلمي إلى ثلاثة أقسام والتي هي بالترتيب نتاج التطور العلمي التاريخي في الفهم العلمي للزمن. أولاً زمان نيوتني مطلق يرى في الزمن حقيقة مطلقة غير مرتبطة بالموجود الطبيعي. والزمان بهذا التفسير بمثابة الظرف التي تحل بداخله المادة، وسواء كان المظروف ـ المادة ـ بداخله أم خارجه موجوداً أو معدوماً فالظرف ـ الزمن ـ باقٍ. ثانياً: زمان آينشتايني نسبي لا يرى في الزمان حقيقة فوقية خارجة عن المادة ينساب إلى الموجودات بالدرجة نفسها بل يراه مرتبطاً أساساً بحركة المادة وموقعها، وهذه الرؤية تمثل أحد مرتكزات النظرية النسبية لآينشتاين التي نسفت الصورة الكلاسيكية المطلقة للكون والمادة. لا يوجد في الكون الفيزيائي حقائق مطلقة فكل المفاهيم نسبية بما في ذلك الزمن. والزمن تصنعه الحركة والحركة إذا قيست بالنسبة لمراقبين من مواقع مختلفة من الكون تعطي نتائج مختلفة، من هنا فإن الزمن نسبي ونسبيته تأتي من نسبية الحركة. ثالثاً: الزمان الكوانتي الذي يعد من الأفكار الحديثة وجاء نتيجة محاولة دمج النظرية الكوانتية التي تتناقض في الأسس والمنطلقات لنظرية الجاذبية لآينشتاين في رؤية كلية وشمولية للكون. وهي تعني أن الزمان منفصل ومتقطع وغير متصل والحركة تتم على مراحل وبشكل قفزي. وسنرى أن التصور الكوانتي والذي يأتي تاريخياً ضمن التصور الفلسفي الذي وَلّد الكثير من التناقضات والألغاز، هو وليد التقسيم الذهني للزمن إلى آنات ولحظات ومن ثم اعتبار أن هذا التقسيم موضوعي.

أما على الصعيد الفلسفي فالخلاف أعمق، ولم تشهد الساحة الفلسفية جبهة متماسكة على الإطلاق حتى في أكثر القضايا بداهة، بل هناك على الدوام التصارع والجدل. والزمان من الناحية الفلسفية التاريخية يلفه الغموض والتضارب كما هو الحال في التصور الهجين والمزدوج لأرسطو. فأرسطو يرى في الزمن جانباً موضوعياً وجانباً ذاتياً يرتبط وجوداً بالموضوعي الخارجي. فمن ناحية ينظر إليه على أنه حقيقة موضوعية ممتدة ومن ناحية أخرى يربط بين وجوده ووجود النفس ـ الواعية ـ التي تعده. ومن هنا يتداخل الوعي بالواقع في واقعية كبرى يرتبط فيها الواقع الخارجي بالذاتي الواعي ارتباطاً عضوياً. أما زمان أفلاطون فيتمثّل في حركة الفلك. وزمان أغسطين موجود في النفس، فالتذكر يعني الماضي والانتباه يعني الحاضر والتوقع يعني المستقبل. وزمان «كانت» موجود في العقل والعقل يتدخل

كلاعب أساسي في تشكيل الظاهرة الطبيعية. وهكذا يتواصل الخلاف الفلسفي حول مفهوم الزمن من عصر الفلسفة حتى وقتنا الحاضر.

في هذا الفصل سنقدم الزمن من وجهة نظر الفيلسوف الإسلامي صدر الدين الشيرازي الملقب بصدر المتألهين الذي أحدث ثورة حقيقة في الفلسفة الإسلامية بتصوره الفلسفي للزمان والذي يلتقي ظاهرياً ـ الواقع الخارجي ـ بالتصور النسبي لآينشتاين وإن كان يتباين معه جوهرياً.

الزمان والمكان في الفيزياء الكلاسيكية

الزمان في المفهوم النيوتني زمان مطلق منفصل تماماً عن المكان الذي يعتبره أيضاً مطلقاً. وحتى نكون أكثر وضوحاً نقول: إن الزمان عند نيوتن سيال (متصل) متجانس ليس له أية علاقة بالأشياء الخارجية، ينساب بالمقدار نفسه بصرف النظر عن موقعك في الكون والسرعة التي تتحرك بها، بمعنى أن الزمان لا يختلف من مراقب إلى آخر من حيث كون هذا المراقب أو ذاك ساكناً أو متحركاً. نعم قد يختلف التوقيت بين بلدة وأخرى لا لأن الزمان في هذه البلدة أو تلك ينساب بشكل مختلف، بل لأننا ربطنا الزمان بحركة الشمس. التوقيت مختلف لا لأن الزمان واقعاً يختلف من موقع إلى آخر بل لأننا في عملية قياسنا له اعتمدنا على جرم سماوي خارجي وكان من الطبيعي أن يكون ذلك الجرم الذي يوجد في منطقة محددة من الكون أن يكون قريب من منطقة وبعيد عن الأخرى؛ ومع ذلك يمكن ضبط عملية التوقيت بعملية طرح أو جمع بسيطة. وكذلك لو تصورنا شخصين لكل منهما ساعة توقيت ويريد كل منهما أن يوقت لزمن سماعه صوت طلقة مدفع على سبيل المثال، أحدهما يقف قريباً من مصدر الطلقة والآخر بعيداً، سنرى أن كلاً منهما قد سجل وقتاً يختلف عن الآخر. في المفهوم النيوتني أن زمان الطلقة بوصفها حادثة جرت في هذا الكون تمت في زمن واحد، ولكن لأننا ربطنا هذا الزمن بشيء آخر هو زمان سماع الصوت، ومن هنا كان القريب من مصدر الطلقة سيسجل زمناً أقل من زمن ذاك الشخص البعيد. ومن هنا نفهم أن الزمان عند نيوتن شيء منفصل تماماً عن المكان، بل إن الزمان يشكّل ظرفاً للمكان الذي يحل بداخله ولا معنى حينئذ للبعد والقرب فهو ينساب بالسرعة نفسها إلى جميع المراقبين مهما اختلفت مواقعهم من

حيث القرب والبعد أو الحركة أو السكون. ولذلك كان التأني أو التزامن بحسب هذه النظرة للزمان ممكناً، أي أنه يمكن للحادثتين أو أكثر أن تقع في لحظة واحدة بالنسبة للمراقبين لكل واحد منهم ساعة توقيت تسير بالوتيرة نفسها، حتى لو افترضنا أن هؤلاء المراقبين يختلفون من حيث مواقعهم وحركتهم فإن ذلك لا يغير من كون التأني أو التزامن حقيقة قائمة بالنسبة لهم جميعاً.

وهكذا نستخلص مما سبق أن الزمان في الفيزياء الكلاسيكية (الزمان النيوتني) زمان مطلق ينساب بالكيفية نفسها لكل المواقع والأوضاع من حيث الحركة أو السكون، وهو يشكّل ظرفاً مستقلاً له هويته المنفصلة عن المكان الذي يحل فيه، ولا يوجد أية علاقة حقيقية يمكن أن نربط من خلالها الزمان بالمكان سواء أن الأخير يعتبر مظروفاً حالاً في ظرفه الذي هو الزمان، وأن ما يجري من اختلاف المراقبين في زمان وقوع الحوادث ناتج من ربطنا الزمان بشيء خارجي منفصل عنه يشكل بذاته إحدى الحوادث التي تجري في هذا العالم. وبحسب هذا التفسير فإنه من المستحيل قياس الزمن المطلق للحوادث، وكل ما نستطيع قياسه هو الزمن المرتبط بحدث ما في الكون نحدده ونقيس من خلاله أزمان الحوادث الأخرى.

والمكان مثل الزمان من حيث كونه عاماً ومطلقاً لا يختلف باختلاف المراقبين من حيث الحركة أو السكون. فلو أن شخصاً قام بقياس المسافة ما بين نقطتين «أ» و«ب» فوجد أن المسافة بينهما متران لكان القياس نفسه بالنسبة لمراقب آخر استخدم أدوات القياس نفسها مهما كان موقعه وحركته. وكما أنه من المستحيل حساب الزمن المطلق للأشياء فإنه من المستحيل كذلك تحديد مواقع هذه الأشياء بشكل مطلق، بل يمكننا تحديد مواقعها من خلال موقع محدد نجري قياستنا بالنسبة له.

وهكذا فإن هناك جملة من المطلقات في الفيزياء الكلاسيكية، ظلت مهيمنة على التفكير العلمي لفترات طويلة، لأنها أولاً كانت تعالج القضايا المطروحة بشكل لا نحتاج معه إلى مفهوم مغاير لهذه النظرية. أما وقد تقدم الفكر العلمي وظهرت النظرية الكوانتية وحددت سرعة الضوء فكانت الحاجة إلى مفاهيم جديدة حول ما كان بالأمس ثابتاً من الثوابت ومسلماً من المسلمات، وثانياً لأنها تتناسب مع النظرة التصورية للأمور وسنرى كيف أنها انهارت تماماً مع ظهور النظرية النسبية كما سنبين ذلك عند عرضنا للنظرية.

الزمان والمكان في النظرية النسبية

الصورة الكلاسيكية للعالم

قلنا إن الزمان في الفيزياء الكلاسيكية، كان ينظر إليه على أنه عام ومطلق منفصل تماماً عن المكان الذي هو أيضاً شبيه بالزمان من حيث الإطلاق والانفصال، والعلاقة التي تنشأ بينهما لا تتعدى علاقة الظرف بمظروفه. وكم تبدو هذه النظرة مقبولة ومنسجمة مع التصور العام لمثل هذا الأمر. لكن الأمر ليس كذلك في النظرية النسبية، لقد أسست هذه النظرية تصوراً عاماً للكون لا يتطابق مع النظرة العامة المبسطة للأشياء. إن المفاهيم الجديدة التي بنتها هذه النظرية حول الزمان والمكان والكتلة تمثل الحقائق في إطارها الأوسع والأشمل، وأن المفاهيم الكلاسيكية تمثل الحالة الخاصة أو الإطار الأصغر من ذلك الإطار العام الشامل الذي يستوعب مختلف الظواهر الكونية.

لقد ظن البعض قبل النظرية النسبية والنظرية الكوانتية أن الفيزياء قد بلغت نهايتها وأن أغلب الظواهر قد تم رصدها وفق المنظومة القانونية التي بناها العلماء وفي مقدمتهم نيوتن وماكسويل. فلقد تمكّنت الفيزياء الكلاسيكية أن تستوعب مختلف الظواهر في إطار قوانين الحركة التي تتحكم بحركة المادة وقوانين المجال الذي كان مقصوراً على مجال الجاذبية بين الأجسام أو ما يسمى بقانون المربع العكسي لمجال المجاذبية الذي اكتشفه نيوتن وسمي كذلك لأن قوى التجاذب بين الأجسام تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما، والمجال الكهربائي والمغناطيسي الذي تم الكشف عنه على يد العالم الفيزيائي السكوتلندي ماكسويل. وبهذا تكون الصورة الكلاسيكية للعالم قد اكتملت. فقوانين نيوتن للحركة تحدد للمادة مسارها عبر قوة المجال الذي يتحكم بها، وقوانين نيوتن تتميّز بأنها قوانين محددة أي بالإمكان معرفة الوضع الذي يكون عليه الجسم في المستقبل من خلال معرفتنا بوضعه الحالي، وبهذا تكون منسجمة مع قانون الحتمية حيث سنرى كيف أن هذا القانون سيكون موضع شك بل ورفض عند ظهور النظرية الكوانتية. أما قوانين ماكسويل فقد أكدت أن المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي ليسا إلاّ مظهرين للمجال الكهرومغناطيسي. ولقد تمكّن ماكسويل من أن يحل المعضلة المستعصية

حول طبيعة الضوء. فقد أثبت أن الضوء ما هو إلاً موجات كهرومغناطيسية، وذلك عندما قاس سرعة الموجات الكهرومغناطيسية ووجدها تتطابق مع التجارب حول سرعة الضوء. ولقد أدى هذا الكشف عن سرعة الضوء من خلال معادلات ماكسويل من أن يضع الفيزياء الكلاسيكية في أزمة كما سنرى. غير أن هناك عدداً من الظواهر لم تتمكن الفيزياء الكلاسيكية من إعطائها التفسير الصحيح المنسجم مع التجارب وفق المنظومة القانونية الكلاسيكية. ومنها إذا كان الضوء موجة فهل يحتاج إلى وسط مادي يسافر من خلاله كما هو الحال في الظواهر الموجية الأخرى؟ لماذا مدار الكوكب عطارد يتغيّر قليلاً كل سنة؟ وكم يستطيع أحد أن يقول مثلاً إن هناك جسماً متحركاً إذا لم يكن هناك جسم آخر في الفضاء من حوله؟ ومعضلة الجسم الأسود التي شكلت الخطوة الأولى في طريق بناء النظرية الكوانتية، ولم يعتقد أحد أن الأمر يتطلب بناء مفاهيم جديدة. المسألة بالنسبة لهم تحتاج إلى بعض الوقت وسيتمكن العلم وفق المنظور الكلاسيكي أن يحل هذه الإشكاليات. غير أن الأمور قد تغيّرت تماماً بعد ظهور النظرية النسبية والنظرية الكوانتية وكأن الثقب الذي كنا نبصر من خلاله حقائق الأمور قد اتسع وأصبحنا نراها بشكل أوضح. لقد كان من المستحيل أن نتعامل مع الاكتشافات الحديثة في ميدان الفيزياء الذرية والفيزياء النووية والفيزياء الفلكية وفيزياء الجسيمات وفيزياء الليزر وفق المنظور القديم، كان لا بدَّ من بناء مفاهيم جديدة وفق منظومة رياضية تختلف عن سابقتها تستطيع أن تعالج هذه الظواهر غير المألوفة في الفيزياء الكلاسيكية بل في مجمل التاريخ البشري كله. وما يدريك لعل ذلك الثقب في المستقبل يتسع أكثر فنرى الحقيقة أكثر وضوحاً ولن تكون النظرية النسبية حينئذ إلاً حالة خاصة من منظور أوسع وأشمل!

النسبية في المنظور الكلاسيكي

قانون جاليلو للإضافة

لا يمكن الحديث عن حركة مطلقة. أي حركة جسم ما بالاستناد إلى الفضاء المطلق بدون أن يكون هناك جسم آخر نقيس سرعة هذا الجسم المتحرك بالقياس له. كل ما يمكن قياسه إذن هو سرعة الجسم النسبية وليست سرعته المطلقة. وعندما نريد قياس شيء ما فإننا نحدد مرتكزاً أو مرجعية ننطلق من خلالها في تحديد

زمان ومكان وحركة ذلك الشيء. فنحن عندما نريد أن نحدد ارتفاع طائرة تطير في الجو فإننا نقول مثلاً إنها تطير على ارتفاع 30 ألف قدم من على سطح البحر، وعلى هذا اعتمدنا على سطح البحر كمرتكز لقياس الارتفاعات، وهذا لا يعني أن ارتفاع سطح البحر يساوي صفراً بل اعتبرناه كذلك من أجل أن نحدد ارتفاع الأشياء بالقياس إليه. وعندما نقول مثلاً إن جهد الأرض يساوي صفراً لا يعني أن الأرض خالية من الشحنات الكهربائية. وهكذا فإننا نطلق على مثل هذه المرتكزات أو المرجعيات بالمنظومات الإحداثية. فمكان الملاحظ أو الشخص الذي يقوم بالقياس يعتبر منظومته الإحداثية. ويجب أن نراعي فيما لو كان هذا الملاحظ ساكناً أو متحركاً. فإن كان متحركاً بسرعة ما فإنه يجب أن يأخذ في اعتباره سرعته عندما يريد قياس سرعة أو مكان ذلك الشيء الذي يود قياسه. والمنظومات الإحداثية يمكن أن نقسمها إلى المنظومات المرجعية الجاليلية وهي تلك التي تتحرك بسرعة ثابتة أي أن مقدار سرعتها ثابت واتجاه حركتها يظل ثابتاً كذلك، وإلى المنظومات غير الجاليلية وهي التي تتحرك بتسارع بمعنى تغيّر من مقدار سرعتها أو تغيّر من اتجاهها. وسنقتصر في بحثنا فقط على المنظومات الجاليلية.

وعلى هذا النحو صاغ جاليلو قانونه للإضافة، الذي يعتمد على أن للزمان حقيقة منفصلة عن المكان. فلو تصورنا حركة جسيم أو موجة بسرعة مقدارها v، في إحدى المنظومات الإحداثية وV في منظومة إحداثية أخرى، فإن السرعة النسبية بينهما تعطى بالعلاقة التالية

$$v' = v - V$$

حيث V تمثل سرعة المنظومة الإحداثية الثانية بالنسبة للأولى. مثلاً لو تصورنا قطاراً يتحرك على سكة حديد بسرعة 500كلم/ساعة وبشكل مستقيم ولنسم الشخص داخل هذا القطار «علي» ومُلاحِظاً يقف خارج القطار قريباً من السكة لنسميه أحمد. فعندما نقول إن سرعة القطار تبلغ 500 كلم/ساعة فإن هذا الكلام صحيح بالنسبة إلى أحمد أما علي عندما يغمض عينيه ولا يرى الأشياء خارج القطار فإنه يستطيع أن يقول: إن القطار لا يتحرك لأن سرعته وسرعة القطار واحدة، وبالتالي فإن السرعة النسبية بينهما تساوي صفراً. وعندما يقذف أحمد كرته في الاتجاه المعاكس لحركة القطار بسرعة 80 كلم/ساعة بالنسبة إليه مثلاً فما هي

سرعتها بالنسبة لـ علي؟ والحقيقة أن سرعة هذه الكرة بالنسبة لـ علي ستكون 580 كلم/ ساعة، وهو مجموع سرعتها زائد سرعة القطار. وعندما يقوم علي بقذف كرته داخل القطار إلى الأعلى بشكل مستقيم، فإن حركتها حينئذ ستكون رأسية لعلي، أي أن الكرة ستتحرك إلى الأعلى وتسقط إلى الأسفل في يد علي وكأن سرعة القطار لا تأثير لها على حركة الكرة، وهذا ما سنوضحه عندما نتحدث عن النسبية في شكلها التقليدي. أما أحمد عندما نطلب منه أن يصف لنا حركة الكرة فإنه سيأخذ في اعتباره حركة القطار وستكون حركة الكرة بالنسبة إليه بشكل منحنٍ. هذا الكلام صحيح ما دمنا نتحدث عن سرعات نشاهدها في الحياة اليومية، لكن عندما نتحدث عن سرعة كسرعة الضوء فإن مثل هذه القوانين لا تعمل كما سنرى عند عرضنا للنظرية النسبية الخاصة.

قانون جاليلو للنسبية

هذا القانون يؤكد أن قوانين الحركة لا تتغير في كل المنظومات المرجعية التي تتحرك بسرعة ثابتة أو التي تسمى بالمنظومات المرجعية الجاليلية، وهذا يعني أنه ليس بإمكان أي تجربة أن تكشف عن الفرق بين حركة كرة على سطح سفينة تتحرك بعيداً عن الساحل بسرعة ثابتة مثلاً وبين حركة كرة أخرى مشابهة للأولى على الساحل نفسه. وهذا يعني أن التجربة لا تكشف عن السرعة التي تتحرك بها السفينة. وعلى هذا الأساس تكون كل قوانين الحركة من كمية الحركة ومعادلات الطاقة تنطبق على الأجسام المتحركة داخل جميع المنظومات المتحركة بسرعة ثابتة. والآن لنتساءل: إذا كانت هذه النسبية تنطبق على التجارب في ميدان الميكانيكا فهل تنطبق هذه النسبية على التجارب في ميادين الكهرباء والمغناطيس والضوء. . . إلخ، بمعنى هل أن قوانين الفيزياء تظل ثابتة لا تتأثر بالمنظومات المرجعية الجاليلية، وقد يبدو الأمر طبيعياً أن يكون الجواب بالإيجاب فما ينطبق على قوانين الميكانيكا ينطبق أيضاً على قوانين الكهرباء والمغناطيسية والضوء وغيرها من حيث إنها لا تتغيّر بالنسبة للمرجعيات التي تتحرك بسرعات ثابتة. ولكن كي تظل قوانين الديناميكا الكهربائية صحيحة لكل المرجعيات المتحركة بسرعة ثابتة، هذا يتطلب أن تكون سرعة الموجات الكهرومغناطيسية، ومنها الضوء، ثابتة لكل المراقبين

المتواجدين في تلك المرجعيات. ولكي يتضح الأمر، نعود إلى الثوابت الكونية المستخدمة في المعادلات الأساسية في الكهرباء والمغناطيسية، ϵ_0 ثابت يستخدم في المعادلة الأساسية التي تصف التجاذب والتنافر بين شحنتين كهربائيتين و μ_0 ثابت يستخدم في المعادلة الأساسية التي تصف تأثير القوة المغناطيسية على شحنة كهربائية. هذان الثابتان بحسب الديناميكا الكهربائية لهما خصائص كونية، فإذا أجرى شخص ما وفي أي مرجعية كان تجربة كهرومغناطيسية لقياس هذين الثابتين فسيجد أن لهما القياس نفسه. وبما أن سرعة الموجات الكهرومغناطيسية، C، يمكن التعبير عنها بواسطة هذين الثابتين على النحو التالي:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

ولما كان الثابتان، ϵ_0 و μ_0، لهما القيمة نفسها لكل المرجعيات المتحركة بسرعة ثابتة، فكذلك سرعة الضوء ثابتة القياس ولا تستند إلى أية مرجعية متحركة. ولكن ذلك يوقعنا في تناقض بين سرعة الضوء التي كشفت عنها معادلات ماكسويل من أنها ثابتة وتبلغ 3×10^8م/ث وبين قانون جاليلو للإضافة!

فما دامت سرعة الضوء ثابتة فهذا يعني أنها لا تتأثر بحركة المنظومات المرجعية فلها المقدار نفسه بالنسبة لكل المراقبين مهما كانت أوضاعهم من حيث الحركة أو السكون. فنحن هنا بإزاء حركة مطلقة في الكون لا تعتمد على مرتكز للقياس. فهذه السرعة غير العادية تجعلنا أمام مفترق طرق، فإما أن نتخلى عن قانون النسبية التي تؤكد أن قوانين الكهرباء والمغناطيسية التي انبثقت من معادلاتها التي صاغها ماكسويل هذه السرعة أن هذه القوانين تظل ثابتة في كل المنظومات الجاليلية أو نتخلى عن قانون جاليلو للإضافة. وحتى يتضح أمر هذا التناقض بين هذه الصورة المطلقة لسرعة الضوء وبين قانون جاليلو للإضافة سنضرب لذلك مثلاً. لنتصور عربة فضائية تقترب من الأرض بسرعة 1×10^8م/ث، ونحن من على الأرض أرسلنا إشارة ضوئية باتجاه هذه المركبة الفضائية بسرعة 3×10^8م/ث، فبحسب قانون جاليلو للإضافة فإن سرعة الإشارة الضوئية بالنسبة للمركبة الفضائية ستكون 4×10^8م/ث. ولكن ذلك يتناقض مع ثبات سرعة الضوء. والحقيقة أن سرعة الضوء وضعت فيزياء نيوتن وجاليلو في ورطة.

لقد ظل هذا الأمر محيراً بالنسبة لعلماء القرن التاسع عشر، فكان عليهم إما أن يتخلوا عن قانون النسبية أو قانون جاليلو للإضافة. ولقد اختاروا أن يسقطوا من حساباتهم الخيار الأول، وعالجوا الأمر بافتراض وسط يمثل مرجعية تملأ الفضاء تكون عندها قوانين الكهرباء والمغناطيسية تأخذ أبسط أشكالها وتكون سرعة الضوء بالنسبة لهذه المرجعية مساوية 3×10^8م/ث وفي غيرها من المنظومات تكون سرعة الضوء أقل أو أكثر حسب قانون جاليلو للإضافة. وافترضوا أن هذا الوسط لا يؤثر على حركة الكواكب والأجسام وكذلك سرعة الضوء وأسموه الأثير. ومن هنا تبدأ قصة النظرية النسبية لآينشتاين.

تجربة ميكلسن ومورلي

حاولت هذه التجربة التي قام بها الأمريكي ميكلسن في العام 1887م الكشف عن التغيّرات الطفيفة التي يمكن أن تحدث لسرعة الضوء بتأثير رياح الأثير. فالأثير يتحرك بسرعة معاكسة لاتجاه حركة الأرض، هذا إذا افترضنا أن الشمس ساكنة في هذا الأثير. أما إذا أخذنا في الاعتبار حركة الشمس، فإن سرعة الأثير ستكون أعلى ما يمكن عندما تكون حركة الأرض والشمس متوازنة وأقل ما يمكن عندما تكون حركة الأرض والشمس متعاكسة، وهذا يعني أن سرعة الأثير تختلف بحسب الفصول السنوية، لأنها تظل ستة أشهر أعلى ما يمكن وستة أشهر أقل ما يمكن. ولهذا الغرض أطلقوا شعاعاً ضوئياً باتجاه مجزئ الشعاع الموضوع في المنتصف حيث يعمل على تجزئة الشعاع الضوئي إلى شعاعين، كلاهما متعامد مع الآخر يطوي كلاهما المسافة نفسها للوصول إلى كاشف موضوع. ولكن أحد الشعاعين يسير باتجاه معاكس لحركة رياح الأثير والآخر يسير بشكل متعامد معها، فإذا كانت نظرية الأثير صحيحة فإن الشعاع الضوئي الذي يسير بعكس اتجاه حركة الأثير سيقطع المسافة للوصول إلى الكاشف في زمن أطول من الشعاع المتعامد مع حركة الأثير. ولكن الرياح جرت بما لا تشتهي سفن الفرضية فقد كانت النتائج تشير إلى أن سرعة الضوء ثابتة وأن الشعاعين لهما السرعة نفسها لأنهما يقطعان المسافة حتى الوصول إلى الكاشف في الزمن نفسه. وما كشفت عنه التجربة أن الأثير لا وجود له وبهذا يظل السؤال محيراً وقائماً إذ كيف يمكن لسرعة الضوء أن تكون ثابتة لكل المنظومات الإحداثية؟

التحويل اللورنزي

لقد أحدثت هذه التجربة أزمة في الفيزياء الكلاسيكية، وهذا يؤكد أننا بإزاء حالة لا يستطيع المنظور الكلاسيكي أن يعطي الجواب الشافي لها، فراح العلماء يدافعون عن معتقداتهم الراسخة باقتراح عدّة فرضيات، كان من بينها فرضية كتب لها النجاح وهي الفرضية التي اقترحها العالم الإيرلندي فيتز جيرالد التي مؤداها: إن حركة جسم ما تُسبب انكماشاً للجهة التي يتحرك فيها، وهذا يعني أن الشعاع الضوئي القادم من الشمس يعرض المسافة بين الشمس والأرض وهي جهة حركته لانكماش يجعل من مقدار سرعة الضوء ثابتة، سواء كانت الأرض تسير في اتجاه الشمس أو تبتعد عنها. والواقع أن هذا الافتراض ذكي، إذ حلّ الإشكال كما يبدو للأزمة المستعصية التي واجهتها الفيزياء الكلاسيكية، وقد قام لورنز في العام 1903 بتحديد مقدار هذا الانكماش، حيث معامله يعطى بالعلاقة التالية:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

ولو تصورنا جسماً يتحرك بسرعة الضوء فإن البعد الذي يكون في اتجاه حركته يتعرض لانكماش بحيث يصبح هذا الانكماش يساوي الصفر. فلقد بات من الضروري إدخال هذا المعامل كلما اقتربت حركة الجسم من سرعة الضوء. ولقد أصبح واضحاً أن السرعات التي نتعامل بها في الحياة المعتادة لا تستشعر هذا الانكماش في المكان والزمان لصغر هذه السرعات بالقياس إلى سرعة الضوء.

النظرية النسبية الخاصة

في العام 1905م وكما يسمى العام المعجزة نشر آينشتاين نظريته النسبية الخاصة التي استخلصت من تجربة ميكلسن وموري ومن التحويل اللورنزي النتيجة التي سقطت من خلالها المفاهيم الكلاسيكية للزمان والمكان والكتلة والتزامن... إلخ. لقد أسقط آينشتاين المفهوم المطلق للأشياء، فلا وجود للزمان المطلق ولا المكان المطلق ولا الكتلة المطلقة، بل لا شيء في هذا العالم له صفة الثبات أو السكون المطلق، ولا يوجد حقيقة مطلقة يمكن أن نصف بها هذا العالم إلاّ أنه عالم نسبي، وثباته المطلق يكمن في كون جميع ما فيه يتصف بالنسبية، فلم يعد السكون أمراً ذا

حقيقة مطلقة بل إن الجسم الساكن الذي لا يتحرك حقيقة بالنسبة لمراقب ساكن أيضاً، وإذا تحرك هذا المراقب فإنه سيرى هذا الجسم الساكن يتحرك بسرعته نفسها ولكن في الجهة المعاكسة. بل إن سرعة أي جسم يمكن أن تحدد بقيم مختلفة باختلاف المنظومات الإحداثية التي تجري عملية القياس منه عليها. لقد أسقط آينشتاين في تصوره للعالم صفة الإطلاق وحل محلها النسبية التي تنفي وجود الحقيقة المطلقة، فلا يمكن لنا أن نعتبر الصفات الفيزيائية للأشياء على أنها صفات نتفق جميعاً عليها بصرف النظر عن موقعنا في الكون أو وضعنا من حيث إننا نصف هذا الجسم ونحن في حالة من الحركة أو السكون. وبعبارة أخرى فإن العلم الطبيعي قائم على أساس القياس وهذا القياس لا يتمتع بصفة الصحة المطلقة بل يعتمد على المنظومات الإحداثية، فكل القياسات التي يقوم بها العالم الطبيعي هي حقيقة بالنسبة لمنظومته الإحداثية فقط. ولكن هذه النسبية التي تصور آينشتاين بها العالم كان لها استثناء وحيد يتمثل في سرعة الضوء. هذه هي الحقيقة المطلقة في هذا العالم المادي النسبي الذي لا يمكن أن نعتبر قياساتنا فيه صحيحة خارج منظومتنا الإحداثية، الكل سيجمع على أن سرعة الضوء مهما كان حال المراقب وموقعه هي 300 ألف كلم/ث. هذا هو الاستثناء الذي شذّ عن القاعدة العامة التي تسود قياساتنا في هذا العالم. بهذا التصور استطاع آينشتاين أن يعالج الأزمة التي واجهت الفيزياء الكلاسيكية في القرن التاسع عشر، ولكن لهذا العلاج §ثاره التي ستغيّر وجه العالم في العيون التي اعتادت أن تراه في الإطار الكلاسيكي.

ورغم التقدم الذي أحدثه التحويل اللورنزي في محاولته لقياس الانكماش الحاصل في الجهة التي يتحرك بها الضوء إلاّ أن قراءة هذا الإنجاز الرياضي ظل وفق التصور الكلاسيكي للزمان والمكان. آينشتاين لم يبني الشكل الرياضي للنظرية وإنما أعطاها التفسير الصحيح، فلقد وضع البناء الرياضي في قالب تفسيري يتوافق معه. لقد انطلق آينشتاين في بناء نظريته من مبدأين أساسيين:

أولاً: قانون النسبية الذي يقرر أن قوانين الفيزياء تنطبق على المرجعيات الجاليلية.

ثانياً: أن سرعة الضوء في الفراغ سرعة كونية مطلقة، لكل المراقبين في المنظومات الجاليلية بصرف النظر عن حركة المصدر الضوئي أو حركة المراقب،

فهي دائماً 300 ألف كلم/ث لا تزيد ولا تنقص.

وإذا كان خيار علماء القرن التاسع عشر أن يسقطوا من حساباتهم قانون النسبية لصالح قانون جاليلو للإضافة، فقد تبنى آينشتاين قانون النسبية واعتبره صحيحاً لكل المنظومات الجاليلية وأبطل فكرة الأثير واعتبر قانون جاليلو للإضافة، حالة خاصة من حالة أعم تأخذ بالاعتبار السرعات القريبة من سرعة الضوء أو المساوية لها. وكان للاعتقاد بهذه السرعة المطلقة للضوء انعكاساته على جملة من الموضوعات. وفيما يلي سنتناول بعض معالم هذه النظرية.

نسبية التزامن Simultaneity

التزامن بين الحوادث، بمعنى أن يكون لحادثتين أو أكثر نفس زمن الحدوث، يعد شيئاً طبيعياً لفكرة الزمان المطلق. فإذا اعتبرنا الزمان مطلقاً فو ينساب بالسرعة نفسها لكل الحوداث التي تجري في الكون، ومن الجائز أن يكون لحادثتين أو أكثر زمان حدوث واحد. لكن باستبعاد فكرة الزمان المطلق والأخذ بفكرة الزمان النسبي الذي يختلف باختلاف المنظومات الإحداثية، فالتزامن يعتبر أمراً نسبياً أيضاً. فيمكن للحوادث أن تكون متزامنةً في إحدى المنظومات الإحداثية وغير متزامنة في الإحداثيات الأخرى. ولكي نتفهم النسبية في تزامن الحوادث سنعود إلى مثالنا السابق. لنفترض أن علياً داخل القطار الذي يتحرك بسرعة 500 كلم/ساعة وأحمد يجلس بمحاذاة السكة الحديدية، ولو تصورنا شعاعين ضربا مقدمة القطار ومؤخرته ولنفترض أن أحمد سيرى هذين الشعاعين يضربان مقدمة القطار ومؤخرته في الوقت نفسه. وهو لهذا يدرك أن الشعاعين لهما السرعة نفسها وقد قطعا المسافة نفسها؛ وبناءً على هذا فأحمد سيقرر أن هناك تزامناً في الحادثتين، وهذا يعني أن الشعاع الذي ضرب مقدمة القطار في لحظة ما ضرب شعاع آخر مؤخرته في اللحظة نفسها. لكن ماذا عن علي؟ فهل سيرى الشعاعين يضربان في اللحظة نفسها مقدمة القطار ومؤخرته تماماً كأحمد؟ بالنسبة لعلي الشعاع الذي ضرب مقدمة القطار يكون متقدماً زمانياً على الشعاع الذي ضرب مؤخرة القطار وذلك لأن القطار يتحرك إلى الأمام في الجهة التي يضرب بها الشعاع مقدمته. في اللحظة التي شاهد فيها أحمد الشعاعين يضربان المقدمة والمؤخرة شاهد علي الشعاع الذي يضرب المقدمة قبل

الشعاع الذي يضرب المؤخرة. وهذا يعني أن علياً وأحمد سيختلفان في تقدير زمن الحادثتين. هذه هي نسبية التزامن باختصار، فما كان يعد تزامناً في إحدى المنظومات يعتبر غير متزامن في منظومات أخرى. ولكن فمن تكون وجهة نظره صحيحة؟ كلاهما تعتبر وجهة نظره صحيحة رغم اختلافهما في النتائج. فلا يوجد في العالم منظومة قياس تعتبر مفضلة على غيرها. فالكل يعطي قياساً صحيحاً من خلال منظومته الإحداثية. هذه هي النقطة الأساسية في النظرية النسبية، وهي أن قياس الزمان والأبعاد المكانية يعتمد أساساً على وضعية المراقب من حيث الحركة أو السكون. قد نعطي نتائج مختلفةً ولكن جميعها صحيحة. لذا استبعد آينشتاين فكرة الزمان المطلق، واعتبر أن قياس الزمن يختلف باختلاف المنظومات الإحداثية.

تباطؤ الزمن Time Dilation

هذه من أغرب النتائج التي توصلت إليها النظرية النسبية والتي خرجت عن النطاق المألوف للتصور البشري، هذا هو إبداع آينشتاين الحقيقي الذي أطاح بفكرة الزمان المطلق وكشف عن أنه يمتد بشكل بطيء في بعض المنظومات الإحداثية التي تتحرك بسرعات كبيرة جداً تقترب من سرعة الضوء. لقد وضع العلاقات الرياضية في إطار ينسجم معها ويعطيها المدلول الذي يتوافق مع معادلاتها. نعم إنه لأمر صعب أن نتقبله، أن نقتنع فعلاً ـ أن الزمن هذا الأمر الذي يعتبر من البديهيات ـ أن نعتبره يتحرك ببطء في بعض الإحداثيات عن بعضها الآخر، بل إنه يكاد ينعدم تماماً في بعضها الآخر. فكيف لنا أن نتصور حقيقة هذا الأمر؟ لنعد إلى مثالنا السابق، لو تصورنا وجود مرآة مثبتة في سقف القطار الذي يتحرك بسرعة ثابتة، v، ولدى علي، الموجود داخل القطار، جهاز يطلق نبضات شعاع ليزر، وهذا الجهاز يبعد عن المرآة مسافة d. وعند لحظة معيَّنة وجَّه علي نبضة شعاع الليزر باتجاه المرآة (الحادثة الأولى) بعدها ستعكس المرآة الشعاع وسيعود الشعاع المنعكس إلى موقعه عند الجهاز (الحادثة الثانية). ولنفترض أن لدى علي ساعة توقيت يقيس بها الزمن الذي تأخذه الحادثتين أي مسار الشعاع من الجهاز إلى المرآة ثم عودته بعد ذلك إلى الجهاز.

وبما أن سرعة النبضة هي سرعة الضوء، c، فيكون الزمن، Δt، الذي تستغرقه النبضة، حتى تطوي المسافة بين علي والمرآة ومن ثم عودتها من المرآة إلى علي مرة أخرى، معطى بالعلاقة التالية

$$\Delta t = \frac{2d}{c}$$

هذا الزمن الذي يعطى بالعلاقة أعلاه صحيح بالنسبة لـ علي الموجود داخل القطار، لكن ماذا عن أحمد الواقف بمحاذاة السكة الحديدية، كيف سيكون مسار الشعاع بالنسبة له وما هو زمان الحادثتين بالنسبة له؟ في اللحظة التي انطلق منها الشعاع الضوئي باتجاه المرآة، تكون قد تحركت إلى الأمام بسرعة القطار التي فرضناها، v، وعندما يصل إليها الشعاع ستكون قد طوت مسافة قدرها $v\Delta t'/2$ حيث $\Delta t'$ يمثل الزمن بالنسبة لأحمد الذي يستغرقه الشعاع ليصل إلى المرآة وينعكس منها ليعود إلى النقطة التي انطلق منها. وهكذا عندما ينعكس الشعاع من المرآة يكون القطار قد تحرك إلى الأمام بالسرعة نفسها وهذا يعني أن حركة الشعاع لن تكون رأسية بالنسبة لأحمد كما هو الحال بالنسبة لعلي بل سيصنع الشعاع زاوية مع الحركة الرأسية.

وحتى تكون سرعة الضوء ثابتة بالنسبة لعلي وأحمد سيقطع الشعاع مسافة أكبر بالنسبة لأحمد وبناءً على ذلك سيكون الزمن في منظومة أحمد أطول منه في منظومة علي المتحركة. دعنا الآن نحسب العلاقة بين الزمنين في المنظومتين، ومن الواضح أن مسار الشعاع سيصنع مثلثاً وباستخدام نظرية فيتاغورس سنحصل على

$$\left(\frac{c\Delta t'}{2}\right)^2 = \left(\frac{v\Delta t'}{2}\right)^2 + d^2$$

ومنها نحصل على أن

$$\Delta t' = \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2d}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{d^2}}}$$

وبما أن $\Delta t = 2d/c$، فمن الممكن أن نكتب العلاقة السابقة على النحو التالي:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t$$

حيث

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

وعلى هذا يكون الزمن عند أحمد الموجود في المنظومة الساكنة يتحرك بشكل أبطأ منه في منظومة علي المتحركة بسرعة ثابتة. وعند التأمل في هذا المعامل نرى أن الأجسام التي تتحرك بسرعة الضوء ينعدم عندها الزمن فتصبح خارج الزمن. هذه من أغرب معالم النظرية النسبية التي أثرت في التصور البشري الاعتيادي للأشياء. ويمكن أن نلخص ما سبق كالتالي:

بالنسبة لمراقب ساكن، تكون الساعة المتحركة بسرعة ثابتة أبطأ بمقدار γ^{-1} من الساعة في المنظومة الساكنة وهذا ما يعرف بتباطؤ الزمن (Time Dilation).

إنعكاسات النظرية

ويمكن تعميم هذه النتائج لتشمل كل العمليات الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية، فجميعها يتباطأ بالنسبة لمنظومة ثابتة عندما تحدث هذه العمليات في منظومة متحركة. فعلى سبيل المثال ضربات قلب رائد الفضاء الذي ينطلق في الفضاء بمركبته الفضائية ستكون أبطأ من ضربات قلب إنسان على الأرض ولكنه لن يشعر بهذا التباطؤ وهو موجود داخل هذه المركبة. ما الذي يمكن أن نفهمه من تباطؤ العمليات البيولوجية عندما تحدث في المنظومات المتحركة؟ إن ذلك يعني أن عمر الإنسان سيكون أطول في المنظومات المتحركة عما هو عليه في المنظومات الساكنة؛ هذه النتيجة من أمتع نتائج النظرية النسبية. ولتوضيح الفكرة لنتأمل في هذا المثال المشهور الذي يبيّن كيف تتأثر العلميات البيولوجية داخل جسم الإنسان بسبب تمدد الزمن في المنظومات المتحركة ويعرف باسم «التوأم المتناقض twin paradox». لنفترض وجود توأمين في العشرين من العمر علي وأحمد. علي بما أنه شاب مغامر وطموح ركب صاروخاً يسير بسرعة مقاربة لسرعة الضوء في رحلة لاستكشاف الفضاء محاولاً الوصول إلى نجم يبعد عن الأرض عدّة سنوات ضوئية.

بقي أحمد ينتظر أخاه على الأرض، ولكن هذا الانتظار سيكون طويلاً جداً. تمر الأيام والسنون فينهي أحمد دراسته ويتزوج وينجب أطفالاً، ويكبر الأطفال وهو لا يزال ينتظر على أحر من الجمر عودة أخيه علي. مرّ زمن طويل على هذه الرحلة، وبعد أن وصل علي إلى ذلك النجم وحقق أهدافه من عملية الاستكشاف عاد بالسرعة نفسها التي انطلق بها نحو الأرض. ويا لها من عودة، فقد كانت مليئةً بالمفاجآت فالكثير من الأشياء قد تغيّرت، دخل علي المدينة التي كان يسكنها هو وأخوه قبل أن يغادرها ولم يستطع أن يتعرف عليها فقد توسعت كثيراً، المدن القديمة قد امتدت كالأخطبوط ومدن جديدة قد استحدثت، الناس تغيّر نمط حياتهم، فعادات اللبس وقص الشعر والأكل قد تغيّرت تماماً، وكذلك نظام المواصلات والاتصالات كلها قد طالتها سنّة التغيير. ولكن كل ذلك قد يهون أمام المفاجأة التي بانتظاره، وهي اللحظة التي طرق فيها باب بيت أخيه. نهض أحمد بتثاقل يمشي بخطى متئدة نحو الباب. فتح أحمد الباب وكانت المفاجأة التي جعلت علياً مذهولاً متألماً، فقد شاهد أخاه شيخاً كبيراً، ضعيف السمع أبيض الشعر منحني الظهر، قد بلغ من العمر ثمانين عاماً، صرخ علي من شدة الصدمة لقد كبرت يا أخي، ما الذي حدث لك حتى تكون بهذا الضعف، فلم يمضِ على رحلتي سوى بضع سنوات. ولن يكون أحمد في حال أفضل من علي فقد كانت دهشته كبيرة عندما شاهد أخاه علياً في ريعان شبابه لم يتجاوز من العمر سوى الثلاثين سنة. بالنسبة لأحمد رحلة أخيه قد استغرقت سبعين سنة أما بالنسبة لعلي فالرحلة قد استغرقت عشر سنوات فقط! ويمكن أن نفسر ذلك على ضوء النظرية النسبية على أساس أن الزمن في منظومة علي قد تمدد وأن العمليات الحيوية داخل جسم علي قد تباطأت خلال الرحلة التي قام بها. فلو كان الزمان مطلقاً سيكون عمر علي وأحمد عند عودة علي من رحلته متساوياً فكلاهما سيبلغ حينئذ ثمانين عاماً، لكن الأمر ليس كذلك.

ولكن قد يطرح التساؤل التالي: بما أن الزمان نسبي تنتزعه أدوات القياس من خلال حركة الجسم وبالتالي فهو يعتمد على المنظومة الإحداثية، فإننا يمكن أن نطرح هذا التساؤل إذا كان علي موجوداً داخل الصاروخ الذي حمله إلى ذلك النجم فمن خلال هذه المنظومة، منظومة الصاروخ، سيرى علي أخاه أحمد يبتعد عنه

بسرعة الصاروخ نفسها فمن وجهة نظر علي أن الزمن سيتباطأ في منظومة أحمد ولو قدر له أن يشاهد ضربات قلب أخيه فسيرى أنها بطيئة وهكذا كافة العمليات الحيوية والفزيولوجية داخل جسم أخيه، ولكن زمان منظومته يسير على الوتيرة نفسها ولن يدرك أي تغيّر في زمانه أو أي تغيّر في ضربات قلبه. إذن فمن وجهة نظر علي أن الزمن في منظومة أخيه سيتمدد وفي المقابل ستكون وجهة نظر أحمد من خلال منظومته الأرضية أن زمان أخيه هو الذي سيتمدد وبالتالي فإننا نكون قد وقعنا في تناقض! فمن منهما سيكبر الآخر؟ وقد يتبادر لأول الأمر أن هذا التساؤل قد وضع النظرية برمتها في موقف حرج. فيمكن على هذا النحو أن نضع عدداً من الأمثلة التي تكشف عن وجهتين متناقضتين لمنظومتين تتحركان بطريقة مختلفة وستكون نسبية الزمان والمكان أمراً غير واقعي، وسيكون ذلك انتصاراً لنظرية الزمان والمكان المطلقين. وحتى يرتفع هذا التناقض يجب أن نأخذ بالاعتبار حركة عودة علي؛ فهذه العودة ستجعل من منظومة علي تتباطأ وتتسارع ولن تكون منظومته على الدوام منظومة تتحرك بسرعة ثابتة. إن الرحلة إذن تتضمن فترة من الحركة في منظومة غير جاليلية، فلا يمكن لعلي أن يكوّن استنتاجاته بناءً على النظرية النسبية الخاصة التي قوانينها تختص بالمنظومات المتحركة بسرعة ثابتة، بينما يمكن لأحمد الموجود في منظومة جاليلية أن يبني استنتاجاته بناءً على النظرية النسبية الخاصة. إن المثال يحاول أن يوحي أن هناك تماثلاً في الحركة، ولكن الواقع أنه ليس هناك تماثل لأن منظومة علي تتسارع وتتباطأ عند عودته باتجاه الأرض، وعلى هذا تتعرض منظومة علي للقوى التي تؤثر عليه ولا يتعرض أحمد لمثل هذه القوى. والنتيجة أن أحمد سيكبر علي عندما يعود هذا الأخير إلى الأرض.

إذا كان العلم قائماً أساساً على التجربة، فما هو الدليل المستند إلى التجربة الذي يبيّن أن الزمن يتمدد في المنظومات المتحركة خاصة إذا كانت الحركة بسرعة قريبة من سرعة الضوء؟

هناك العديد من التجارب والظواهر التي تؤكد أن تمدد الزمن في المنظومات المتحركة ظاهرة حقيقية. فعلى سبيل المثال، الميونات muons عبارة عن جسيمات أولية كتلتها تساوي 207 مرة من كتلة إلكترون وتحمل شحنة مساوية له وتتحرك بسرعة 0.99 من سرعة الضوء وتتكون في الغلاف الجوي نتيجة امتصاصه للأشعة

الكونية، وهذه الجسيمات غير مستقرة حيث يبلغ المدى الزمني لحياتها قبل أن تنحل إلى جسيمات أخرى 2.2 ميكروثانية بالنسبة لمنظومة ساكنة بالنسبة لهذه الجسيمات أو تتحرك معها بنفس سرعتها. فإذا كان هذا الزمن يمثل متوسط حياة الميونات، فإنها ستقطع مسافةً قدرها 600م من الغلاف الجوي قبل أن تنحل إلى جسيمات أخرى، ولن تصل إلى سطح الأرض أبداً بعد تكوّنها في أعلى الغلاف الجوي.

$$d = v\Delta t = 2.2 \times 10^{-6} \times 0.99 \times 3 \times 10^{8} = 600m$$

ولكن دلت التجارب على أن أعداداً كبيرة من الميونات تصل إلى سطح الأرض. ويمكن أن نفسّر هذه الظاهرة على أساس أن الزمن يتمدد بالنسبة لمراقب على الأرض، وعلى ضوء النظرية النسبية ستكون فترة حياة هذه الجسيمات بالنسبة لمراقب على الأرض بحسب القانون:

$$\Delta t' = \gamma \Delta t = \frac{2.2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} = 16\mu s$$

وستكون المسافة المقطوعة من الغلاف الجوي:

$$d = v\Delta t' = 0.99 \times 3 \times 10^{8} \times 16 \times 10^{-6} = 4800m$$

وبالتالي يمكن لهذه الجسيمات أن نستقبلها على الأرض. ولا يمكن على ضوء الزمان المطلق أن نعطي تفسيراً لمثل هذه الظاهرة.

إحدى أدق وأحدث التجارب التي كشفت عن صحة المعامل الذي يجعل من الزمن يتمدد في المنظومات المتحركة، هي تلك التجربة التي قام بها Kaivola وترتكز فكرتها على المقارنة بين التردد الامتصاصي الرنيني لشعاع ضوئي لحزمة من ذرات النيون تتحرك بسرعة 0.004 من سرعة الضوء مع تردد الامتصاص الرنيني لذرات النيون الساكنة. وقد وجد أن التردد قد أزيح بسبب تمدد الزمن الذي حدث نتيجة حركة حزمة النيون وإن كان هناك سبب آخر لهذه الإزاحة وهو تأثير doppler الناتج من حركة المصدر، ورغم صغر تأثير تمدد الزمن بالمقارنة مع تأثير doppler إلاّ أن التجربة قد كشفت عنه[1].

(1) Hans C. Ohanian, *Modern Physics*, Prentice Hall International Editions, 1986, p. 86.

الانكماش في الأطوال Length Contraction

إحدى أهم النتائج التي توصلت إليها النسبية على أنقاض فكرة المكان المطلق هي أن الامتداد المكاني أو الحيز من الفضاء الذي تشغله الأجسام يختلف باختلاف المراقبين الذين يتحركون بالنسبة لبعضهم البعض. الصفة الفيزيائية للامتداد المكاني ليس لها واقعية إلاً في ظل المنظومة التي يوجد بها ذلك الامتداد شريطة أن يكون ساكناً بالنسبة لها. أما لو افترضنا وجود مراقب ساكن يقيس امتداداً لجسم ما متحرك بالنسبة له، فإنه سيجد أن أحد الامتدادات الثلاثة لذلك الجسم والذي يكون موازياً لجهة الحركة سينكمش، أي سيكون قياسه أقل من قياس مراقب آخر ساكن بالنسبة لذلك الجسم، وهذا ما يعرف بانكماش الأطوال. لنعد إلى مثالنا السابق الذي اعتدنا عليه! علي داخل القطار وأحمد واقف بمحاذاة السكة يشاهد حركة القطار الذي يتحرك بسرعة v. ولنفترض أن القطار سيمر بمحاذاة شجرتين على أحد جانبي السكة، أحمد بما أنه ساكن بالنسبة للشجرتين سيقيس المسافة بينهما ولتكن L، بالنسبة لأحمد، فإن الزمن الذي يستغرقه القطار حتى يقطع المسافة بين الشجرتين $\Delta t = Lv$. فماذا عن علي الموجود داخل منظومة القطار المتحركة؟ إن الزمن الذي يستغرقه القطار كي يطوي المسافة بين الشجرتين سيتمدد بالنسبة لعلي. وبالتالي فإن علياً سيقيس مسافة أقل بين الشجرتين كما ستبينه المعادلات التالية:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma}$$

حيث $\Delta t'$ تمثل الزمن كما يقيسه علي للقطار عندما يطوي المسافة بين الشجرتين. وبما أن القطار يتحرك بسرعة v بالنسبة للشجرتين، ستكون المسافة التي يقيسها على النحو التالي:

$$L' = \Delta t' v = \frac{\Delta t v}{\gamma} = \frac{L}{\gamma} = L\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

والشيء نفسه نستطيع أن نقوله بالنسبة لأحمد عندما يقوم بقياس طول القطار؛ فإنه سيجده أقصر من القياس الذي سيحصل عليه علي؛ لأن علياً ساكن بالنسبة للقطار وهكذا كافة الأشياء داخل القطاء ستكون أقصر مما هي عليه بالنسبة لأحمد مثلما تبدو كافة الأشياء خارج القطار أقصر مما هي عليه بالنسبة لعلي.

الفارق بين التصور المطلق والنسبي للزمان والمكان

يقوم التصور المطلق للزمان والمكان على اعتبار أن لهما وجوداً حقيقياً خارجياً حتى لو انعدمت كل الموجودات المادية؛ فحقيقتهما ليست مرتبطة بأي موضوع خارجي بل إن لهما وجوداً مستقلاً عن الأشياء. فالزمان لا يستمد هويته من حركة الأجسام ولا المكان صفة تظهر بوجود الجسم المادي. إن الزمن مفهوم متجانس ينساب بالكيفية نفهسا لكل الموجودات الكونية. إن قياساتنا لهذا الدفق الزمني الذي لا يتوقف بالاعتماد على حركة جرم أو اهتزازة دورية هي التي تجعل منه يختلف باختلاف موقعنا في الفضاء. والمكان شيء حقيقي ساكن ومتجانس لكافة الموجودات، إن مفهومي القرب والبعد في المكان يظهر في قياساتنا وهو مرتبط بالموجودات الأخرى التي يحدد من خلالها مواقع الأشياء، أما المكان في ذاته فهو لا يحمل مثل هذه الصفة. قال نيوتن رائد الميكانيكا التقليدية «إن الزمن المطلق الرياضي الحق، منظوراً إليه في ذاته، مجرداً من أي ارتباط بموضوع خارجي، يجري على نمط واحد بفضل طبيعته الخاصة... والمكان المطلق ـ من جهة أخرى ـ مستقلاً عن أي ارتباط بالأشياء الخارجية يظل سرمدياً لا حراك به أبد الآبدين ودهر الداهرين»[1].

أما التصور النسبي يعني أن الزمان والمكان ليس لهما وجود مستقل عن الموجودات المادية. إن هوية الزمان تظهر من خلال الحركة المادية والمكان صفة ملازمة للموجود المادي ومن المستحيل تصور الزمان والمكان بذاتيهما بمعزل عن الموجودات الخارجية. إذن لا وجود للزمان المطلق ولا وجود للمكان المطلق، بل إن الزمن مرهون بالحركة، والحركة تعني أن جسماً مادياً يحتل مكاناً في الفضاء بالنسبة إلينا يقوم بفعل الحركة. فالزمان والمكان كلاهما رهن الموجود المادي المتحرك. قال بونكاريه: «إن من المستحيل تصور المكان الخالي... فكل من يتكلم إنما يهذر في كلام لا معنى له...». ولقد سُئل آينشتاين ذات مرة، هل يمكن أن تشرح لنا فحوى النسبية بجمل قصيرة؟ فأجاب «... لقد كان الناس من قبل يعتقدون أنه لو اختفت جميع الأشياء المادية من العالم لبقي الزمان والمكان مع

---

(1) الدكتور عبد الرحمن مرحبا، **آينشتاين والنظرية النسبية**، دار القلم، بيروت ـ لبنان، الطبعة السابعة، 1974، ص 60.

ذلك. وأما نظرية النسبية فإنها ترى أن الزمان والمكان يختفيان أيضاً هما وسائر الأشياء»[1].

في هذا السياق أود أن أذكر أن الفيلسوف «كانت» (كما يذكر ذلك ستيفن هوكينغ Stephen Hawking في كتابه الشهير A Brief History of Time) في كتابه «نقد العقل الخالص» حاول أن يفنِّد الفرضيات التي تقول إن العالم موجود منذ الأزل، أي لم تكن له بداية، وتلك التي تقول إن العالم لم يكن موجوداً ثم وُجِد. ففي حالة افتراض أن العالم أزلي، سيكون هناك زمن لانهائي قبل حدوث أية حادثة. أما إذا افترضنا أنه لم يكن موجوداً ثم وُجِد يلزم أن يكون قبل وجوده زمن لانهائي. إن «كانت» يفترض في الحالتين أن الزمن أزلي فليس وجوده مرتبطاً بوجود الكون أو عدمه. قد يكون هذا التناقض والاعتراض الذي أظهره «كانت» في مثل هذه الفرضيات دليلاً على أن الزمن ليس له معنى قبل وجود الكون وأنه وُلِد في اللحظة التي وُجِد فيها. وهو بهذا مرتبط بالوجود المادي، وهذا ما يسنده الدليل الفلسفي الذي قدَّمه صدر الدين الشيرازي مؤسس الحكمة المتعالية عندما انتهى إلى أن *الزمان هو نتاج الحركة الجوهرية في المادة*. لقد سُئِل أوجستين ذات مرة هذا السؤال ما الذي كان يفعله اللّه قبل أن يخلق هذا العالم. فأجاب أنه كان يعد جهنم للناس الذين يسألون مثل هذه الأسئلة. فأوجستين يرى في الزمن خاصية من خصائص الكون، ولم يكن له معنى قبل وجوده[2]. ويتساءل ليبنتز في محاولة لجعل الزمان شيئاً يتبع الأشياء لماذا خلق الأشياء في لحظة دون غيرها أو ما الحكمة في خلق الأشياء في لحظة دون غيرها؟

الزمان الفلسفي

جاء بحث الزمان الفلسفي مرتبطاً بجملة من المسائل التي تتعلق ببحث المتغيّر والثابت. الفيلسوف كما العالم الطبيعي يشاهد التغيُّرات التي تحدث للأشياء في هذا العالم، بحيث لا يستقر شيء واحد على صورته، لكل شيء في هذا العالم سواء أكان ذلك الشيء إنساناً أو حيواناً أو نباتاً أو مجموعة من النجوم دورة حياة يستكمل

---

(1) المصدر السابق، ص 33.

(2) Stephen Hawking, *A Brief History of Time*, Bantam Books, 1977, p. 8.

في كل مرحلة منها جزءاً من وجوده إلى أن يستكمل كل مراحلها فيتلاشى بعدها ذلك الموجود الطبيعي. الكل محكوم بهذه الصيرورة في الكون، لا يمكن لشيء أن يتجمد في موقعه بدون أن يطاله قانون التغيُّر، إنها سنة اللّه التي لا تتغيّر. العالم الطبيعي يحاول وسط هذه الظاهرة الكونية أن يفهم كيف يتم ذلك التغيُّر؟ وأين موقع هذه التغيّرات؟ وفي أي زمن تقع؟، أما الفيلسوف فيطرح على نفسه التساؤل التالي هل أن ما نشاهده من تغيُّرات يكون ظاهرياً ومرتبطاً بشكل وصور وأعراض هذا العالم أم أن هناك تغيُّرات أكثر عمقاً وأصالة تحدث في صميم هذا العالم بحيث لا يمكن أن يبقى أمراً ثابتاً. ما يهم العالم الطبيعي هو كيف تكون دورة الماء في الطبيعة مثلاً، أما الفيلسوف فيعيش القضية في إطارها الأعمق والعام، فهو يتساءل هل أن التحولات التي تطرأ على الماء هي فقط تحولات شكلية سطحية وعرضية أم أن هناك تغيُّراً أساسياً في صميم وجوهر الماء وما نشاهده من تحولات في الظاهر والسطح إنما يعبِّر عن صيرورة وحركة أعمق تتم في جوهر الماء. ومن الطبيعي أن مثل هذه التساؤلات التي تطرحها الفلسفة لا يمكن الإجابة عنها بالدخول إلى المختبر للكشف عن مصداقيتها، بل تحتاج إلى منهج عقلي محض يكشف عنها. أضف إلى ذلك، يتساءل الفيلسوف هل أن ما يحدث في هذا العالم يتم بشكل دفعي أم أنه يتم بشكل تدريجي زماني. يعني هل أن هناك نوعاً من الثبات النسبي يعقبه تغيُّر آني أم أن ما يحدث يتم بشكل تدريجي وغير محسوس في أغلب الأحيان؟

طرحت هذه المسألة في اليونان قديماً، أما زينون فقد أنكر الحركة من الأساس بحيث لا حركة هناك في الأعراض والظواهر المادية فضلاً عن الحركة الجوهرية والصيرورة الدائمة في عالم المادة، وأما الفيلسوف ديمقريطيس، المشار إليه سابقاً صاحب النظرية الذرية فكان يرى أن الأساس في هذا العالم هو الذرات وأن هذه الذرات ثابتة لا تتغيّر، وبالتالي كل التغيُّرات التي تحدث في هذا العالم تكون سطحية ولا يوجد تغيُّر أعمق مما نشاهده. كان في المقابل فيلسوف يوناني آخر له مقولة جديرة بالاهتمام لأنها تؤكد على أنه لا يوجد في هذا العالم ثبات بالمطلق، بل إن كل شيء يتغيَّر باستمرار رغم أن ما نشاهده من ثبات ظاهري فهو ليس كذلك، والمقولة هي «لا تستطيع أن تضع رجلك مرتين في نهر واحد»[1]، وهذا

---

(1) مرتضى المطهري، الفلسفة، دار التيار الجديد، الطبعة الأولى، ص 87.

معناه أن النهر والفرد في تينك اللحظتين المتعاقبتين قد تغيَّر ليصبح النهر غير ذلك النهر وليصبح الفرد غير ذلك الفرد. وعلى أساس هذه الرؤية يجري التغيُّر لا في أعراض هذا العالم بل في صميم وجوهر هذا العالم. تلك كانت الرؤى المتناقضة حول مفهوم التغيُّر في الفكر الفلسفي اليوناني.

أما أرسطو فقد اعتبر أن هناك نوعين من التغيُّرات: تغيُّرات تدريجية وزمانية وهي عنده الحركة، وتغيُّرات دفعية تحصل في لحظة واحدة يستقر بعدها الثبات، وعلى هذا يكون التغيُّر نسبي والثبات نسبي أيضاً، ولقد سمى أرسطو هذه التغيُّرات الدفعية باسم الكون والفساد. وعلى أساس هذا التقسيم يكون التغيُّر مطلقاً إذا اتخذ شكل الحركة ويكون نسبياً إذا كان مرتبطاً بعالم الكون والفساد. وبهذا اعتبر أرسطو أن التغيُّرات الأساسية التي تحدث في صميم هذا العالم أو التي تقع في جوهر الأشياء هي من طبيعة التغيُّرات الدفعية، وعلى هذا لا توجد في الجوهر حركة مطلقة بل هنك ثبات نسبي[1]. والعالم بهذه الصورة التي يراها أرسطو ثابت أكثر مما يكون متحركاً، الثبات حاكم عليه وهو القاعدة والتغيُّر هو العارض عليه[1].

ولقد صنفت مدرسة أرسطو الأشياء تحت عشرة أجناس أصلية أسموها بالمقولات وهي: مقولة الجوهر، مقولة الكم، مقولة الكيف، مقولة الوضع، مقولة الأين، مقولة المتى، مقولة الإضافة، مقولة الجدة، مقولة الفعل، مقولة الانفعال. ولقد اعتبر أرسطو أن الحركة تقع في مقولة الكم والأين والكيف ولا تقع الحركة في غيرها من المقولات. وأضاف أبو علي ابن سينا مقولة أخرى لوصف حركة جسم على مسار دائري وهي مقولة الوضع فلا يمكن عد الحركة الدائرية للجسم من قبيل الحركة الأينية.

كانت هذه المقدمة التاريخية لمسألة المتغيّر والثابت ضرورية لفهم الزمان في الفكر الفلسفي، فالزمان في الفكر العلمي أصبح بحسب النظرية النسبية ليس مطلقاً بل هو نسبي ينتزع من حركة الأشياء، وبما أنه لا يوجد سكون مطلق والكل يتحرك فالزمان بحسب هذه المقدمة يمثّل مقدار حركة الجسم. أما في الفكر الفلسفي فيمكننا أن نقسم مفهوم الزمان الفلسفي بحسب تطوره إلى مرحلتين، مرحلة ما قبل

---

(1) المصدر السابق، ص 88 ـ 89.

صدر الدين الشيرازي والتي ساد فيها أن الزمان نوع من الكمية المتصلة تعرض على الأجسام بواسطة الحركة[1]. وعلى هذا فالزمان شيء، والأجسام شيء آخر، ووجه الارتباط بينهما يتم عبر الحركة. وبحسب هذه النظرة يكون الزمان الفلسفي والزمان الفيزيائي الكلاسيكي واحداً، فكلاهما يعتبر الزمان مطلقاً، يمثل الوعاء الذي تحل به المادة والعلاقة بينهما إنما تكون بالحركة. وبعبارة أخرى فإن اتصاف الأجسام بالزمان اتصاف بالعرض لا بالجوهر، فلا يمكن بحسب هذا الوصف أن يكون الزمان صفة ذاتية للأجسام. فالزمان يمثل عندهم أمراً متصرماً لا يقبل الاستقرار، ولذلك ما يجب أن يمثل الحلقة التي تربط بينه وبين الأجسام ينبغي أن تكون متغيّرة ليس فيها سكون وهذه الحلقة عبارة عن مقدار حركة الجسم، ولكن هذه الحركة لا تقع في جوهر الجسم بل تقع في عرضه، ولذلك اعتبروا الحركة منحصرة في أربع مقولات هي الكم والكيف والوضع والأين.

أما مرحلة ما بعد صدر الدين الشيرازي (المتوفى سنة 1050 هجرية) وهي المرحلة التي تُمثِّل نظرية المدرسة الفلسفية المعروفة بمدرسة الحكمة المتعالية في مقابل الفلسفة المشائية والحكمة الإشراقية حول الزمان والتي تعتبر النظرة الأكثر دقة والأبعد عمقاً والتي عالجت كثيراً من القضايا الفلسفية الهامة وفق تصورها للحركة. لقد أبدع صدر المتألهين ـ كما يلقبه أتباع مدرسته ـ مدرسة متكاملة سُميت بالحكمة المتعالية لأنها استطاعت أن تجمع بين منهجين استمرا في الصراع لفترات طويلة وهما المنهج الإشراقي الذي يعتمد بالإضافة إلى الاستدلال العقلي خصوصاً في الحكمة الإلهية على الإلهامات القلبية التي تتم بمجاهدة النفس وتصفيتها من الشوائب حتى تكون مستعدة لتلقي الحقائق عبر الإلهامات القلبية، أي أن النفس إذا تخلصت مما يشوبها تصبح كالمرآة الصافية تنعكس عنها صور الحقائق وتشرق فيها أنوار الملكوت، فهنا يتضافر الفكر مع تصفية النفس في الكشف عن الحقيقة. أما المنهج الآخر فهو المنهج المشائي الذي يعتمد على البرهان العقلي فقط. بل إن هذه المدرسة المتعالية كما توصف استطاعت أن توفق بين تيار الفلسفة والعرفان وأن تحل كثيراً من المسائل العالقة بينهما. والآن كيف ينظر صدر المتألهين إلى الزمان؟

---

(1) محمد تقي المصباح، **المنهاج الجديد في تعليم الفلسفة 2**، دار التعارف للمطبوعات 1990، ص 145.

لقد أحدث صدر المتألهين ثورة حقيقية في الفلسفة الإسلامية عندما قرر أن هناك حركة في جواهر الأجسام وهذه الحركة السيالة الذاتية للأجسام تجعل من صورة العالم صورة متغيّرة على الدوام صورة مترددة بين وجود وانعدام بشكل مستمر لا ينقطع. العالم في تصور صدر المتألهين عالم ذو صيرورة متغيّرة بل هو عين الصيرورة والحركة الجوهرية العامة فلا وجود للثبات والاستقرار، الثبات يكمن في كون أنظمة هذا العالم ثابتة في تغيُّرها فلا شذوذ عن هذه القاعدة على الإطلاق. فإذا تصور آينشتاين العالم في إطاره النسبي فقد تصور صدر المتألهين العالم في إطار التغيُّر المطلق الذي يتميّز به عالم المادة. وبناءً على هذه النظرة، فإنه لا يوجد سكون على الإطلاق، بل إن جوهر عالم الطبيعة يتصف بالحركة والتغيُّر والسيلان. والزمان عند صدر المتألهين أمر ممتد متصرم لا يمكن أن يتحقق بدون وجود حركة، فلا يوجد ثنائية بين الزمان والحركة فهو، أي الزمان، يمثِّل مقدار حركة الجسم، ولكن هذه الحركة في هذه المرحلة ليست مقصورة على الأعراض بل هي حركة في صميم المادة. وبحسب هذه النظرة تكون الحركة موجودة في صميم الأجسام لا منفصلة عنها، بل إن الزمان يشكِّل جزءاً من حقيقة الأجسام، فهويته منطبقة مع هويتها فلا يوجد زمان مطلق، ظرفاني ـ إن صح التعبير ـ منفصل عن المادة. فليس مفهوم الزمان هو حركة النجوم والمجرات بل هو الطبيعة المتجددة للجوهر. فمهما كشفت التجربة العلمية عن وجود المادة أو أجزاء من المادة متحركة كالكواكب أو الذرات، فهذا لا علاقة له بالحركة الجوهرية، لأن الاستدلال على الحركة الجوهرية مسألة عقلية لا تستطيع التجربة أن تكشف عنها. وهكذا تكون الأجسام موجودات زمانية متصرمة لها امتداد وبُعد زماني بالإضافة إلى الامتدادات المكانية (الطول، العرض، العمق)، وهذا هو البعد الرابع الذي يمتد فيه الجسم.

ولكن يجب أن نُميِّز بدقة بين البعد الرابع الذي نادى به آينشتاين والبُعد الرابع لصدر المتألهين. فنحن نعلم أن العلم ليس بمقدوره أن يثبت الجوهر المادي بوسائل التجربة، وبالتالي فهو لا يستطيع أن يشكف عن أن هناك حركة تقع في جوهر المواد الطبيعية بينما في مقدور الفلاسفة أن يقيموا الدليل على ذلك. فهنا تختلف طبيعة النظرة للمادة، فبالمنظار العلمي المادة تمتد في ثلاثة أبعاد والبعد الذي هو الزمن تمتد فيه لا لكون الزمن يشكل جزءاً من حقيقة المادة بل لأن الزمن

في النظرة النسبية يمثّل مقدار حركتها في الخارج، فهو منتزع من حركة المادة تلك الحركة الواقعة في عرض الجسم المتحرك. ولو دققنا النظر أكثر في مفهوم الزمن في النظرية النسبية لوجدناه زماناً ظرفانياً مطلقاً بالنسبة للمنظومة نفسها ساكنة كانت أو متحركة، غاية ما في الأمر أن المادة لا تستطيع أن تنفصل عن ذلك الظرف الزماني التي تحل بداخله. فليس الزمان نسبياً على الإطلاق بل هو مطلق بالنسبة للمنظومة نفسها، وهذا يؤكد وجود زمان ظرفاني منفصل عن هوية المادة ولا يمكن في التحليل العلمي أن نفصل المادة عن الزمن الذي تحل بداخله. الفارق بين الرؤية النسبية والرؤية الكلاسيكية أن الرؤية الكلاسيكية عجزت عن أن تكشف عن العامل النسبي الذي يظهر أثناء حركة الجسم. أما في المنظار الفلسفي، فالزمان **يمثل مقدار حركة الجسم (الجوهرية)**، لكن الحركة ليس المقصود بها تلك التي تقع في عرض المادة ـ حركة الجسم الخارجية ـ بل تلك التي تحدث في جوهرها وهنا الفارق كبير فالمادة وإن كانت ساكنة فلها امتداد زماني حقيقي، لأن الزمن جزء من هويتها. وهذا البعد لا يعتمد على المنظومات المتحركة، ولذا فهو ليس زماناً نسبياً ولا زماناً ظرفانياً بل هو متحد مع هوية المادة نفسها، فلكل موجود مادي زمانه الممتد المتصرم الذي يعطي للجسم هوية جديدة يفقد فيها على هذا البعد هويته السابقة بشكل مستمر لا ينقطع إلاً مع تجمد حركة الجوهر ولن يحدث ذلك إلاً مع انتهاء ذلك الموجود المادي من عالم الطبيعة وتبدل جوهره إلى جوهر مجرد. إذن على ضوء التفسير الذي قدّمه صدر المتألهين للزمان، يصبح الزمن صفة ذاتية وليست ظرفية للأجسام المادية.

ولكن ما هو الدليل الذي أقامه صدر المتألهين ليدلل على أن الحركة تقع في جوهر المادة؟ لقد استدل صدر المتألهين على وجود الحركة في الجوهر بعدة صور منها: أن المعلول إذا كان متغيّراً يلزم أن تكون علته متغيّرة، فالحركة العرضية يجب أن تكون علة حركتها أيضاً متحركة[1]. وبما أن الحركة لا بدَّ لها من محرك أو فاعل يمنحها الحركة. ولما ثبت أن الفاعل أو المانح للحركات العرضية هو الطبيعة نفسها على اعتبار أن الطبيعة تمثل أقرب فاعل لمثل هذه الحركات وبعبارة أخرى إن

(1) المصدر السابق، ص 327.

الحركات العرضية يجب أن يكون فاعلها القريب وبلا واسطة الذي يمنحها الحركة، دون الحاجة إلى أن نتسلسل حتى نصل إلى الفاعل الحقيقي للحركة الذي هو اللّٰه جلّ وعلا، إنما يكون الطبيعة ذاتها (أي السبب الطبيعي طبقاً لنظام الأسباب والمسببات). والنتيجة أن الجوهر هو علّة الحركات العرضية، فإذا كان هذا الجوهر متحركاً فالنتيجة أن تكون الأعراض متحركة أيضاً وإن كان ثابتاً فلن تكون هناك حركة في الأعراض على اعتبار أن علة الثابت ثابتة وعلة المتحرك متحركة. إذن السبب الأصيل والقريب وراء ما نشاهده من حركة في هذا الكون هو الجوهر المتجدد للطبيعة. وقد يعترض عليه بالقول، إذا كان الجوهر المادي في حالة تحرك مستمر وأنه علة للحركات الخارجية فلماذا تكون الأجسام المادية في بعض حالاتها ساكنة، غير متحركة. وبعبارة أخرى إذا كانت العلة متحركة بصفة دائمية فالمعلول يجب أن يكون متحركاً بصفة دائمية أيضاً فكيف نفسر على ضوء النظرية الصدرائية السكون الذي تتصف به الأجسام المادية، أفلا يكون ذلك السكون دليلاً على سكون الطبيعة الجوهرية. والجواب على هذا الإشكال، هو أن الطبيعة الجوهرية المتحركة وإن كانت علة حقيقة لكل ما يحدث في الخارج من حركات عرضية، فإن تأثيرها منوط بتوفر الشروط الخاصة التي تحقق تلك الحركات[1]، كوجود قوة دافعة أو جاذبة، وبكلام آخر أن الحركة الجوهرية ليست علة تامّة للحركة العرضية بل يتطلب تحققها في الخارج توفر شروط طبيعية خاصة.

الزمن الكوانتي والتفسير الصدرائي

قبل حوالى 450 سنة قبل الميلاد حاول الفيلسوف الإغريقي زينون الذي كان لديه قدرة عظيمة على الإقناع والجدل بافتراض عدد من الأحجيات يدافع من خلالها عن مذهب أستاذه برمنيدس في الوجود. ومذهب برمنيدس في الوجود المادي يستند إلى أصلين رئيسيين هما الوحدة والثبات. والوجود عند برمنيدس وجود واحد مطلق غير متعدد لأن افتراض التعدد يستلزم بحسب تصور برمنيدس أن شيئاً ذا واقعية تختلف عن الوجود. ولما كان الوجود هو كل شيء فالوجود واحد، وأن المعرفة الحسية التي تجعلنا نرى في الوجود التعدد ليست ذات قيمة وليست

(1) محمد باقر الصدر، فلسفتنا، دار التعارف للمطبوعات، بيروت 1982، ص 203.

جديرة بأن تسمى معرفة لأنها تصور لنا الوهم على أنه حقيقة، ويبقى العقل عند برمنيدس هو طريق الحقيقة. ولما كان الوجود يتصف بالوحدة والقدم فيلزم من ذلك أنه ثابت لأن التغيُّر معناه أن هذا الوجود كان فاقداً لشيء غير الوجود ويسعى عبر الحركة أن يضيف إليه ما كان ينقصه. ولكن لما كان الوجود في تصور برمنيدس هو الكل فلا يمكن أن يضاف إليه شيء جديد لم يكن لديه من قبل. لقد شكّلت الألغاز المتعلقة بالحركة تحدياً واجهت فكرة الاتصال التي يتمتع بها كل من الزمان والمكان. ورغم أن أرسطو أجاب عن هذه الأحجيات إلاَّ أن أحد الحلول التي يمكن أن تبطل هذه الأحجيات هو افتراض عدم اتصالية الزمان والمكان، وإنهما يتصفان بالطابع الانفصالي المتناهي أي أنه لا يجب أن ننظر إلى المكان باعتباره مكوّناً من عدد لامتناهٍ من الأجزاء، والزمان على أنه مكوّن من سيل متصل من الآنات واللحظات كما هو المألوف في تصوراتنا، بل يجب النظر إليهما على أنهما مكوّنان من عدد محدود ومتناهٍ من القِيم الزمانية والمكانية. وسنوضح بعد أن نستعرض الأحجيات الخاصة بالحركة كيف أن مسألة الطبيعة المنفصلة للزمان والمكان كانت ضمن الإرث الفكري الفلسفي لليونانيين، قبل بروز هذه المسألة على الصعيد العلمي الحديث.

أحجية التفرع الثنائي Progressive Dichotomy: لو افترضنا أن شخصاً يريد أن يطوي مسافة ابتداءً من النقطة «أ» أو انتهاءً بالنقطة «ب». ولكنه حتى يطوي هذه المسافة لا بدَّ له أن يمر بكل الأجزاء الموجودة بين هاتين النقطتين. فلكي يصل إلى نقطة النهاية ـ ب ـ لا بدَّ له أن يمر أولاً بالمنتصف (النقطة جـ)، ولكن قبل أن يمر بالنقطة جـ لا بدَّ له أيضاً أن يمر بالنقطة د التي تقع في منتصف المسافة بين أ وجـ، ولكن يجب عليه قبل أن يصل إلى النقطة د أن يمر بمنتصف المسافة بين أ ود. وهكذا يلزمه في كل مرة أن يمر بمنتصف المنتصف، فإذا كان التقسيم لانهائياً فهذا يعني أنه لن يصل أبداً إلى النقطة ب لأنه لا بدَّ أن يمر بعدد لامتناهٍ من النقط في زمن محدود حتى يصل إلى النقطة الهدف وهي ب. بل يلزم من هذه الفكرة أنه لن يتحرك مطلقاً من نقطة البداية وهي أ. فعلى أساس هذه المقدمة فإن الحركة غير ممكنة. ومما يترتب على هذه النتيجة أن أكثر الأجسام سرعة لا تستطيع أن تلحق بأشد الأجسام بطأً إذا كانت هذه الأخيرة تتقدم عليه بأي مقدار من المسافة.

أحجية السهم: لو تصورنا سهماً انطلق من النقطة أ ليصل إلى هدفه النقطة ب، فإذا قسَّمنا الزمان إلى عدد من الوحدات كل وحدة تمثِّل آناً بحيث يكون وجود السهم في كل آن من هذه الآنات وجوداً ساكناً فهذا يعني أن السهم لن ينطلق ولن يتحرك لأنه سيكون ساكناً باستمرار في كل الآنات التي تؤلف الزمن الذي يأخذه السهم كي ينتقل من النقطة أ إلى النقطة ب[1].

تقوم أحجية التفرع الثنائي على أساس أنه إذا كان المكان يقبل القسمة إلى ما لانهاية من الوحدات فإن الحركات غير ممكنة، لأنه من المستحيل أن يمر الجسم المتحرك بعدد لامتناهٍ من الوحدات وفي زمن متناه حتى يصل إلى هدفه. هذا البرهان، وإن كان في ذاته قابلاً للنقد، فإنه لمن يرى في الوجود الحركة والتغيُّر وأن الجسم بالفعل يستطيع أن يطوي المسافة بين أ وب وأن الأجسام الأكثر سرعة يمكن لها أن تسبق الأجسام الأقل سرعة قد تقوده هذه الأحجية إلى الاستنتاج أن الشخص يطوي في المكان عدداً متناهياً من الوحدات في زمان متناه، يعني أنه يجب أن يكون هناك وحدة طول غير قابلة للقسمة أو التنصيف تماماً كما هو الحال في ذرة ديمقريطيس. وتؤكد أحجية السهم على أن الحركة غير ممكنة لأن السهم سيكون ساكناً في كل آن ومجموع السكونات هو سكون.

الإشكالية في هذه الأحجيات وغيرها تكمن في اعتبار التقسيم الزماني لوحدات لامتناهية هو تقسيم واقعي بينما هو في الحقيقة تقسيم يقوم به الذهن. فالآنات واللحظات هي أجزاء قائمة في الذهن وليست في الخارج، والزمان هو حقيقة وحدة ممتدة تعبِّر عن فقدان مستمر للآن. أحجيات زينون تفترض أنه يمكن تجميد الزمن في الآن، وما بناه على هذا الافتراض الخاطئ يكون بالضرورة خاطئاً لأن الآن غير مستقر بل هو منصرم.

وتعد مسألة تكميم الزمن على المستوى النظري واحدة من أعقد المشاكل التي تواجه الفيزياء الحديثة. والمقصود بالتكميم هنا هو اعتبار الزمن مكوّناً من مستويات محددة يتخللها العدم الزماني بحيث يأخذ الزمن قيماً محددة في كل مستوى من هذه المستويات. وبهذا المفهوم يصبح الزمن ذا هوية انفصالية بعدما كان ينظر إليه على

---

(1) عبد الرحمن بدوي، **موسوعة الفلسفة**، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، الطبعة الأولى 1984، ص 268 ـ 275.

أنه سيل متصل من اللحظات والآنات يقبل التقسيم اللانهائي. فعلى هذا التطور الكوانتي تتعاقب أجزاء الزمن بشكل منفصل بحيث يكون الفاصل بين جزء وآخر منطقة من الفراغ الزماني حيث يتوقف عندها الزمن، والموجودات المادية لا توجد إلاّ في هذه المستويات الزمانية المنفصلة. إن أجزاء الزمن الكوانتي تتعاقب بشكل قفزي، فالتغيّر الذي يجري على الموجودات الطبيعية لا يحدث بصورة تدريجية بل يحدث على مراحل منفصلة يقفز فيها الموجود الطبيعي من مرحلة إلى أخرى متجاوزاً منطقة الفراغ الزمني الفاصلة ما بين مرحلة وأخرى. فكما أن الجسيم الذري يقع في مستويات محددة من الطاقة وينتقل من مستوى إلى آخر عندما يكتسب أو يفقد مقداراً من الطاقة تساوي الفرق في الطاقة بين هذين المستويين، فكذلك مراحل التغيير التي تمر بها الموجودات الطبيعية تحدث على نحو دفعي وإن كانت العملية غير ملحوظة في العالم الكبير، عالم العين المجردة. لقد كانت وما زالت المحاولات الجارية من قبل أعظم علماء الفيزياء على المستوى النظري من أمثال ريتشارد فيمان Richard Feynman وروجر بينروز Roger Penrose وكيب ثورن Kip Thorne وستيفن هوكينغ Stephen Hawking لبناء نظرية موحدة تجمع فيها النظرية الكوانتية والنظرية النسبية العامة[1] من خلال تكميم الزمان والمكان والجاذبية. لم يستطع أحد إلى الآن بناء نظرية متماسكة ومتناغمة يتضح من خلالها المفهوم الكوانتي للزمن، كما أنه لا يوجد إلى حد الآن دليل عملي يتضح من خلاله أن الزمن مكمم. فهل يمكن للمفهوم الكوانتي للزمن أن يلاقي النجاح في نظرية متناسقة تجمع فيها النظرية الكوانتية والنظرية النسبية العامة إذا أخذنا بالاعتبار التفسير الذي قدمه صدر المتألهين للزمان؟ هل يقبل التفسير الصدرائي للزمن المحاولات الجارية لتكميمه؟

إن الزمن في نظرية صدر المتألهين أمر ممتد، سيال، متصل الأجزاء ويمكن أن نقسم الجزء منه إلى ما لا نهاية من الوحدات الزمنية. ويعتبر صدر المتألهين الموجودات المادية موجودات زمانية متصرمة لكون الزمن من خصائصها الذاتية

(1) سوف نتعرض للنظرية الكوانتية ومشاكلها الابيستمولوجية بشكل مفصل في الفصلين القادمين، إلاّ أننا ارتأينا أن نتعرض للمفهوم التكميمي أو الكوانتي للزمن في هذا الفصل حتى نقدم الصورة الكاملة للزمان والمكان في الرؤيتين العلمية والفلسفية.

المنعكسة عن الحركة الدائمية لجواهرها، وبالنتيجة فإن الزمان الذي هو صفة ذاتية للموجود المادي لا تنفك عنه لا يقبل التقطع والانفصال بين أجزائه المتعاقبة. فالموجودات المادية التي هي تشخصات عينية للجوهر متدرجة في الوجود بنحو يجعل من تصور الوجود القفزي لها غير ممكن. وهنا تتناقض نظرية ملا صدرا مع ما يبدله علماء الفيزياء من محاولات لبناء النظرية الموحدة التي ترتكز على التصور الكوانتي للزمن.

إذا افترضنا أن الزمان مكمم quantized وأن الحركة قفزية وتتم على دفعات غير ملحوظة في العالم الكبير، فهذا يعني أن وجودنا في الزمان والمكان وجود متقطع وغير مستمر مما يعني أن وجودنا يتجدد باستمرار. هذا التردد بين الوجود والعدم في تتابع مستمر يتناقض مع النظرية الفلسفية التي تؤكد امتناع إعادة المعدوم بعينه التي تعني أن الوجود اللاحق غير الوجود السابق.

الخلاصة

1 ـ للزمان والمكان في النظرية الكلاسيكية وجود ذاتي مستقل غير مرتبط أو متعلق بالموجودات المادية ولذلك فهما يتصفان بصفة المطلق.

2 ـ الزمان والمكان نسبيان في النظرية النسبية، فالزمن هو مقدار حركة الجسم العرضية والمكان صفة ملازمة للموجود المادي.

3 ـ ما دامت الحركة في النظرية النسبية هي منشأ الزمن كان من الطبيعي أن يختلف الزمن باختلاف المرجعيات المتحركة أو الساكنة.

4 ـ الارتباط بين الزمان والمكان ارتباط بالعرض لا في الحقيقة، فهوية الزمن منفصلة عن هوية المكان، فالزمان ظرف تصنعه حركة الجسم الذي يتخذ موقعاً في الفضاء بالنسبة لمنظومة ما.

5 ـ الزمان في النظرية الصدرائية المتمثلة في الحكمة المتعالية عبارة عن حركة تقع في صميم المادة، في جواهر الأشياء وهي علة رئيسية لكل الحركات العرضية وبهذا يصبح الزمان جزءاً حقيقياً من هوية المادة.

6 ـ يرتبط الزمان والمكان في النظرية الصدرائية بالحقيقة والجوهر لا بالعرض والمظهر.

7 ـ الحركة الجوهرية ليست علة تامة للحركات العرضية بل إن هذه الأخيرة تحتاج إلى العوامل الطبيعية التي تحققها في الخارج.

8 ـ الزمان كمية متصلة تقبل التقسيم الذهني إلى ما لا نهاية من الوحدات الزمنية.

9 ـ يتناقض التصور الكوانتي للزمان مع نظرية الحكمة المتعالية لصدر الدين التي تعتبر الموجود المادي موجوداً زمانياً متدرج الوجود.

10 ـ الافتراض التكميمي للزمان والمكان يعني أن وجودنا متجدد وهذا يقتضي بحسب النظرية الفلسفية الإسلامية أن وجودنا السابق غير وجودنا اللاحق.



الفصل الرابع

فيزياء الكوانتا

(التطور التاريخي للنظرية)

مع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، القرن الذي غيَّر وجه العالم واختزل التاريخ البشري كله، لم يدرك الفيزيائيون أنهم حقيقة على أبواب ثورة في المفاهيم، هذه المفاهيم التي لم يشك أحداً في أنها حقيقة مسلمة لا تقبل الجدل. لقد حظيت الفيزياء الكلاسيكية بكامل الثقة والمقدرة على تفسير الطبيعة. نعم كانت هناك جملة من المسائل مع نهاية القرن التاسع عشر تنتظر الإجابة، لكنهم لم يشكوا للحظة أن تلك الإجابة ستجد طريقها من أعماق الهيكل الكلاسيكي الذي شيّد في القرون الثلاثة التي أعقبت النهضة الأوروبية، وفي مقدمة المشيدين لهذا الصرح الكلاسيكي نيوتن وماكسويل. لقد كان هناك استقرار، ولكنه الاستقرار الذي يسبق لحظة البركان، وإيمان بهذا الهيكل العام في مقدرته على الإجابة عن بعض الظواهر التي حيَّرت علماء القرن التاسع عشر مثل ظواهر النشاط الإشعاعي والأطياف الكهرومغناطيسية المنبعثة من المواد والإشعاع المنبعث من الجسم الأسود، وهذا الأخير شكل اللغز الذي حيَّر علماء ذلك الزمان وكانت الإجابة عنه مع إطلالة القرن العشرين بمثابة انهيار ذلك الصرح الكلاسيكي وإيذاناً بصرح جديد، يمتلك قدرة أكبر على استيعاب مختلف الظواهر الكونية.

هل كانت صدفة أن ينهار البناء القديم مع بداية القرن العشرين، القرن الذي اختزل التجربة البشرية وغير وجه الأرض؟

واحدة من أهم المسائل التي تمخضت عن هذه الثورة التجديدية والتي أثارت جدلاً واسعاً تصارعت فيه الرؤيتان العقلية والتجريبية، وتشابكت فيه تيارات علمية وأخرى فلسفية هي المسألة المتعلقة بمفهوم السببية وما ينبثق عنه من **مفهوم الحتمية**. لم يكن في الفيزياء الكلاسيكية ما يثير الشك في صحة مفهوم السببية الذي

يقرر أن أية حادثة من الحوادث يحب أن يتقدمها السبب الذي أوجدها، بل إنه يمكن من معرفة الأسباب أن نقرر سلفاً ما يجب أن تكون عليه النتائج في المستقبل وهذا ما يعرف بالحتمية. لقد كانت الحتمية مسلمة من مسلمات الفيزياء الكلاسيكية، فيمكن على ضوء معرفتنا بظواهر معيَّنة سبق أن لاحظناها مضافاً إلى ذلك معرفتنا بالقوانين الطبيعية من أن نتوقع بشكل دقيق حدوث ظواهر أخرى. إن القوانين الطبيعية تمتلك القدرة على أن تعطينا ما سوف تكون عليه حالة منظومة معيَّنة في المستقبل بناءً على معرفتنا بها في حالتها الراهنة، ذلك لأن القوانين الطبيعة ليست مجرد نظام رياضي متناسق بل هي وصف دقيق لما يجري في العالم المحسوس، فهي بما تعكسه من صورة هذا العالم الحي في شكل قوالب رياضية مجردة تكون لها المقدرة على تحديد شكل هذه الصورة المتحركة في المستقبل. ولكن مع تزايد معرفتنا بالظواهر الذرية، وامتناع التوقع الدقيق للظواهر الذرية الذي كشفت عنه **علاقة الارتياب** فيما يعرف **بمبدأ هايزنبرغ** وكذلك الطابع الإحصائي للظواهر الذرية أصبح **مفهوم السببية** محل تشكيك. لقد انقسم الفيزيائيون إلى تيارين كبيرين حيال مسألة الحتمية: تيار يتزعمه بور وهايزنبرغ، ينفي الحتمية في الفيزياء ويؤكد على الطابع الإحصائي للقوانين العلمية ويعرف هذا التيار بمدرسة كوبنهاغن، وتيار يؤكد مفهوم الحتمية ويرى أن عدم معرفتنا الدقيقة للظواهر الذرية لا يعني انهيار المبدأ نفسه، بل إن مبدأ السببية ثابت على مستوى الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء الكوانتية؛ وعلى رأس هذا التيار آينشتاين ولوي دبروي.

معضلة الجسم الأسود وميلاد النظرية الكوانتية

تطلق سطوح الأجسام، عند أية درجة من الحرارة، إشعاعاً حرارياً تعتمد طاقة هذا الإشعاع وكذلك توزيع تردداته ـ بشكل أساسي ـ على درجة الحرارة وعلى خصائص السطح المنبعثة. فعندما تكون درجة حرارة الجسم منخفضة، فإن الأطوال الموجية لذلك الإشعاع تتركز في المنطقة تحت الحمراء وعندما ترتفع درجة الحرارة قليلاً، فإن الجسم يصبح أحمر، وعندما تشتد يصبح لونه أبيض. ويشكل هذا الإشعاع الحراري طيفاً متصلاً من المنطقة تحت الحمراء؛ وحتى المنطقة فوق بنفسجية مروراً بالطيف المرئي. ويمكن بحسب النظرة الكلاسيكية أن نُفسِّر ظاهرة

الاتصال في الإشعاع الحراري المنبعث على أساس تسارع الجسيمات المشحونة والمثارة حرارياً والقريبة من سطح الجسم وهي تشكل مجموعة لامتناهية من المذبذبات oscillators والتي تناظر تردداتها ترددات المجال الكهرومغناطيسي المنبعث عنها، بمعنى أن توزيع طاقة المجال الكهرومغناطيسي أو طاقة الإشعاع الحراري بالنسبة لتردداته يناظر توزيع الطاقة على المذبذبات. ولكن مع اقتراب القرن العشرين أصبح هذ التفسير لا يكفي لفهم المشاهدات التجريبية المتمثلة في التوزيع المتصل لترددات الإشعاعات الحرارية المنبعثة من الأجسام السوداء؛ فلقد دلت التجارب على أن الطاقة تزداد بازدياد التردد ولكن تصل إلى حد أقصى، هذا الحد الأقصى تحدده درجة حرارة الجسم، ثم تبدأ بتناقص حتى تصل إلى الصفر عندما يقترب التردد من اللانهاية. إن الحد الأقصى لطاقة الإشعاع تتحرك نحو الترددات العالية كلما زادت درجة حرارة الجسم، ولقد وجد أن هذا التحرك لقمة التوزيع محكوم بالعلاقة التي تعرف بقانون واين للإزاحة Wien's displacement law

$$\lambda_{max}T = 2.9\text{mmK}$$

حيث λ_{max} تمثل الطول الموجي عند الحد الأقصى لطاقة الإشعاع و T درجة الحرارة المطلقة.

لقد كان ثمة تناقض بين التوزيع النظري ـ المستند إلى النظرية الكلاسيكية والذي لا ينطوي على حد أقصى لطاقة الإشعاع يتناقص بعده عند أية درجة من الحرارة والذي أكسب فيما بعد اسم الكارثة فوق البنفسجية ـ وبين التوزيع التجريبي على النحو الذي بيّناه. وحتى يتضح أمر ميلاد النظرية الكوانتية يجب أن نعرف ما هو الجسم الأسود؟

الجسم الأسود عبارة عن نظام مثالي لجسم يمتص بالكامل الطاقة الضوئية المسلطة عليه، وتظل هذه الطاقة حبيسة داخل هذا الجسم تنعكس من على جدرانه ولا تخرج منه. وهذا يشبه إلى حد كبير فرناً اصطناعياً أحكم إغلاقه بحيث لا يمكن أن يتبادل الطاقة مع حيطه الخارجي. وإذا افترضنا في داخل هذا الفرن مواد تشع، فإن هذه الأشعة ستنعكس من على الجدران الداخلية للفرن حتى تعود فتمتصها تلك

المواد المشعة؛ فهي أي ـ المواد المشعة ـ تمتص ما يصدر عنها من الأشعة، بمعنى أن الجسم الأسود في حالة توازن حراري. كما ويمكن لنا أن نشبه الجسم الأسود بالثقب الأسود الذي وبسبب قوة جاذبيته لا يستطيع الضوء الخروج منه. ويمكن من الناحية العملية أن نقترب من هذا النموذج المثالي بأن نتصور جسماً مجوفاً من الداخل، يوجد به ثقب صغير يؤدي إلى هذا التجويف الداخلي. إن الإشعاع المنبعث من هذا الثقب الصغير والذي يؤدي إلى التجويف الداخلي لهذا الجسم الأسود إنما يعتمد على درجة حرارة هذا التجويف. والجسم الأسود يلعب دوراً هاماً في دراسة توزيع طاقة الإشعاع الحراري بالنسبة إلى تردداته ذلك لأن مثل هذا التوزيع لا يعتمد على طبيعة السطح ولا على أية خصائص أخرى إنما يعتمد على درجة حرارة الجسم فقط.

قام العالم الإنكليزي رايليغ Rayleigh بأولى محاولات الوصول على المستوى النظري لطيف الجسم الأسود الذي دلّت عليه التجارب والذي يكون صغيراً عند الترددات الصغيرة جداً والعالية جداً ويصل إلى حد أقصى في منطقة متوسطة من الترددات، وهذا الحد الأقصى يعتمد على درجة الحرارة؛ فكلما زادت درجة حرارة الجسم الأسود، فإن الحد الأقصى لطاقة الإشعاع تقترب من الترددات العالية. لقد انطلق في محاولته للوصول إلى معادلة رياضية تعبِّر عما دلت عليه التجارب من أن التدفق الإشعاعي من خلال ذلك الثقب الصغير للجسم الأسود إنما يتناسب طردياً مع كثافة الطاقة الإشعاعية، ρ، داخل التجويف. وقد بدأ بملاحظة أن الإشعاع داخل التجويف يتكوّن من أعداد كبيرة من الموجات الموقوفة، وأن متوسط طاقة الإشعاع لكل اهتزاز من هذه الموجات يساوي، Kt، وتوصل بمساعدة ثانوية من جيم جينز Jame Jeans إلى العلاقة التي تعرف بقانون رايليغ ـ جينز Rayleigh-Jeans law لكثافة الطاقة (ϵ تمثل الطاقة مقسومة على وحدة الحجم) في مدى محدد من الطول الموجي، $d\lambda$:

$$d\epsilon = \rho d\lambda \qquad \rho = \frac{8\pi kT}{\lambda^4}$$

حيث $k = 1.381 \times 10^{-23} JK^{-1}$ يمثل ثابت بولتزمن، Boltzmann's constant. وهذه العلاقة تؤكد بصرف النظر عن درجة الحرارة، أن الطاقة

الإشعاعية تصل إلى ما لا نهاية عند الترددات العالية جداً، بمعنى أن معادلة رايليغ عبارة عن خط صاعد تمتد فيه الطاقة الإشعاعية إلى ما لا نهاية فلا يوجد حد أقصى للطاقة الإشعاعية بينما تعطينا التجربة رسماً بيانياً على شكل جرس تمثل قمته الحد الأقصى لطاقة الإشعاع يبدأ بعده بالتناقص حتى يصل إلى الصفر عندما يقترب التردد من اللانهاية. إن معادلة رايليغ تنسجم تماماً مع معطيات التجربة فقط عندما يتعلق الأمر بالترددات المنخفضة. ولقد أطلق مسمى الكارثة فوق البنفسجية على النتيجة التي توصل إليها رايليغ Reyleigh. إن معادلة رايليغ مبنية على أساس المفهوم الكلاسيكي لاتصال الطاقة؛ وبما أن التجربة تكذب هذا الأساس الذي قامت عليه النظرية، فلا بدَّ من مراجعة لهذا الأصل السائد والراسخ في الفيزياء الكلاسيكية.

وبعد هذا الإخفاق الذريع للتوفيق بين التوزيع النظري المستلهم من الهيكل الكلاسيكي والتوزيع التجريبي، جاء ماكس بلانك في العام 1900 ليصنع مساهمته التاريخية. لقد وجد بلانك أنه لا يمكن لهذين التوزيعين، النظري والتجريبي، أن يتطابقا ما لم نفترض أن المذبذب لا يمتص ولا يبث إلاَّ مقادير محددة من الطاقة تمثل مضاعفات الأعداد الصحيحة الموجبة، n، وهذه الوحدات المحددة من الطاقة تتناسب طردياً مع تردد المذبذب، v، حسب العلاقة التالية

$$E = nhv \qquad n = 0, 1, 2, ...$$

حيث h ثابت كوني يسمى ثابت بلانك. ولقد وجد بلانك أن التوزيع النظري لا يتطابق مع التوزيع التجريبي ما لم تكن $h = 6.626 \times 10^{-34} Js$. لقد انطلق بلانك من فكرة انفصال الطاقة، واعتبر أن هذا الإشعاع الكهرومغناطيسي يسري على شكل كوانتوم أو كمات أو وحدات صغيرة لا تقبل التجزئة، وهذا يتناقض بشكل صارخ مع ما هو سائد وراسخ من الفكر الاتصالي في الفيزياء الكلاسيكية. لقد حار العلماء بمن فيهم بلانك نفسه مع هذه النتيجة التي ضربت أول مسمار في أسس وقواعد الفيزياء الكلاسيكية، حتى أن بعضهم وسم فكرة بلانك بالسخافة. إن مثل هذا الانقلاب الخطير الذي أحدثه بلانك، ألزم العلماء بالتخلي شيئاً فشيئاً عن سلسلة من المفاهيم المتجذرة في الفيزياء الكلاسيكية، وفي مقدمة تلك التنازلات التخلي عن النظرية الموجبة للضوء والنظر إليه على أنه حبات أو جسيمات من الطاقة تنتقل في الفراغ بسرعة كبيرة كما سيتضح فيما بعد.

وأخيراً لنا كلمة يجب أن نقولها تجاه الصراع التاريخي بين الفكر الجديد والفكر القديم أو لنقل بين العقل الذي يرى في القديم قداسةً يجب ألا يمس وبين العقل المستنير الذي ينطلق في أفق الحقيقة الرحبة بصرف النظر عما إذا كان الحق يقف إلى صف القديم أم يناهضه. هناك دائماً على كافة المستويات من يحارب الجديد، حفاظاً على التقليد المتبع والسائد، ولكن مثل هؤلاء لم ولن يكونوا روّاد التغيير والإبداع في العالم، وإنما طلاب الحقيقة الذين يتجردون عن الأهواء والتعصب بدون وجه حق، وحدهم من يعطون أنفسهم الحق والحقيقة هم دائماً حملة مشاعل التغيير في العالم نحو الأفضل وما فيه صلاح الإنسانية. هكذا كان الأنبياء والرسل والرجال المصلحون يحركون العقول لتستيقظ من سبات الغفلة والخلاص من سجن التقليد والتحرر من أسر العادات وإطلاق الفكر من أجل الوصول إلى الحقيقة التي يجب أن تكون الهدف الحقيقي لكل من ينشد الحق.

الظاهرة الكهروضوئية والنظرية الكوانتية للضوء

ثلاثة قرون وأكثر من الصراع العلمي حول طبيعة الضوء. هذا الصراع التاريخي والذي قاده أقطاب المدرسة الكلاسيكية يتمثل في التيار المؤيد لحقيقة أن الضوء عبارة عن أمواج والتيار الآخر الذي ينظر إلى الضوء على أنه جسيمات منفصلة. فهناك من يؤكد الطبيعة الاتصالية للضوء باعتباره ظاهرة موجية كأمواج الماء أو الصوت، وهناك من يؤكد الطبيعة الانفصالية للضوء باعتباره ظاهرة جسيمية تشبه كرات البيارد بول. فكان نيوتن يقود التيار الذي يعتبر الضوء ذا طبيعة جسيمية معتمداً في ذلك على بعض الحقائق التجريبية كظاهرتي الانعكاس والانكسار. لقد شبه نيوتن الضوء في حال انعكاسه بالكرة التي تنعكس عن الجدار، وعند تفسيره لظاهرة الانكسار التي ينحرف بسببها الضوء عن مساره المستقيم شبه نيوتن هذا الانحراف بالكرة التي تصطدم بجسم من الأجسام فتنحرف عنه. لقد تقبل العلماء نظرية نيوتن حول الطبيعة الجسيمية للضوء، رغم وجود النظرية المقابلة التي ترى في الضوء سلسلة من الأمواج، وسادت النظرية الجسيمية إلى ما قبل بداية القرن التاسع عشر. العالم الهولندي هوينغز Huygens في العام 1678 أوضح أن الطبيعة الموجية للضوء يمكن أن تفسر ظواهر الانعكاس والانكسار. ولكن مجموعة من

التساؤلات التي لم تستطع النظرية الموجية أن تجيب عنها حينئذ حالت دون قبولها في الوسط العلمي. ومن هذه التساؤلات كيف يمكن أن نعتبر الضوء ذا طبيعة موجية كأمواج الصوت أو الماء وهو ينتقل إلينا من الشمس عبر فراغات هائلة، والحال أن الأمواج تحتاج إلى وسط مادي لانتقالها، وكذلك إذا جاز لنا أن نعتبر الضوء عبارة عن أمواج فكيف نفسر ظاهرة الظل التي تؤكد أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة؟ فلو كان هناك على سبيل المثال ورقة أمام حزمة ضوئية فإن ظل هذه الورقة، الذي يحاكي شكل الورقة تماماً، سيرتسم على الجدار المقابل، فلو كان الضوء ينتشر على شكل أمواج فلن نستطيع حينئذ من الحصول على ظلال للورقة يشبه تماماً الأصل، ذلك لأن الأمواج تنعرج عندما يعترضها عائق، الأمر الذي يجعل من ظل الورقة مشوهاً. ولكن أحد أهم العوامل التي جعلت من العلماء يرفضون النظرية الموجية في تلك الفترة هي الشخصية العملية التي كان يتمتع بها نيوتن. كانت على الدوام الشخصيات ذات السمعة العلمية لها جاذبية قوية تجعل من الصعب الانفلات من فلك الأفكار التي تؤمن بها.

كان أول دليل علمي واضح ساعد على انبعاث النظرية الموجية هي التجربة التي قام بها توماس يونغ Thomas Yong في العام 1801 والتي أوضحت بجلاء ظاهرة التداخل. والمقصود بها أنه يمكن لموجات الضوء تحت ظروف خاصة أن تتداخل فيما بينها لتعطينا تعاقباً بين النور والظلمة. لم تستطع النظرية الجسيمية إعطاء تفسير لمثل هذه الظاهرة، وذلك لأنه لا يمكن بأي حال أن نفسر الظلام الناتج من هذا التداخل بجسمين يلغي أحدهما الآخر. كان ذلك انتصاراً حقيقياً للنظرية الموجية، وبداية سيادتها في القرن التاسع عشر على حساب النظرية الأخرى. توالت بعد ذلك الأبحاث والتجارب، كالأبحاث والتجارب التي قام بها العالم الفرنسي فرينل، التي أبرزت بعض الظواهر الضوئية كالتداخل والحيود وقد دلل على أنه لا يمكن تفسيرها إلاً بالرجوع إلى النظرية الموجية للضوء. رغم هذه التجارب التي بعثت النظرية الموجية، كان أهم تطور رسخ من الطبيعة الموجية للضوء نتائج الأبحاث التي قام بها ماكسويل في العام 1873 والتي أثبتت أن الضوء عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تبلغ سرعتها $3 \times 10^8 m/s$ تقريباً.

ورغم أن النظرية الموجية تمكّنت من استعادة مكانتها بحيث أصبحت وحدها

المقبولة في الوسط العلمي، فقد لاحت في الأفق الظاهرة الكهروضوئية Photoelectric Effect التي وضعتها في مأزق كما سنرى بعد قليل. فما هي الظاهرة الكهروضوئية؟ وكيف استطاعت أن تنتصر للنظرية الجسيمية وتؤكدها؟

في العام 1905 ـ السنة المعجزة كما يحلو للبعض أن يسميها ـ تمكّن آينشتاين من أن يعطي تفسيره للظاهرة الكهروضوئية والتي نال بسببها جائزة نوبل، أي بعد مرور خمس سنوات على اكتشاف بلانك التاريخي لكوانتوم الطاقة لعمليتي الامتصاص والبث لطاقة المجال الكهرومغناطيسي للمذبذبات الموجودة في جدار التجويف الداخلي للجسم الأسود. في الجزء الأخير من القرن التاسع عشر، دلّت التجارب على أنه يمكن توليد تيار كهربائي في دائرة مغلقة من خلال حزمة ضوئية توجهة على سطح صفيحة معدنية رقيقة، هذه الظاهرة تسمى بالتأثير الكهروضوئي، والإلكترونات المنبعثة من الرقيقة المعدنية تسمى بالإلكترونات الضوئية. هيرتز Hertz كان أول من كشف عن هذه الظاهرة في عام 1877 وهو الذي استطاع أيضاً أن ينتج الموجات الكهرومغناطيسية. لقد أعطت التجارب التي أجريت حول هذه الظاهرة نتائج لم يكن بالإمكان فهمها على أساس الطبيعة الموجية للضوء، وكانت أهم هذه النتائج:

1 ـ لا يمكن مشاهدة الظاهرة الكهروضوئية عندما تكون الحزمة الضوئية أقل من تردد محدد (cutoff frequency).

2 ـ الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية لا تعتمد على شدة الضوء بل تعتمد على تردده بحيث تزداد الطاقة الحركية لها بزيادة تردد الضوء.

3 ـ إن التيار الناتج من تسليط هذه الحزمة الضوئية على الرقيقة المعدنية يكون لحظياً بمعنى أنه لا يوجد فارق زمني يذكر بين تسليط الحزمة الضوئية وبين مشاهدة التيار الكهربائي.

لقد أخفقت النظرية الموجية التقليدية من أن تعطي تفسيرها لمختلف مشاهدات التجارب المرتبطة بالظاهرة الكهروضوئية. فعلى ضوء النظرية الموجية يكون العامل الهام والمؤثر في انبعاث إلكترونات من سطوح الرقائق المعدنية هو شدة الضوء وليس تردده، الأمر الذي يتناقض مع معطيات التجارب. لقد وجد آينشتاين أن الظاهرة الكهروضوئية يمكن فهمها على أساس توسيع مفهوم الكوانتوم الذي اقترحه

بلانك والذي قصره على عملية الامتصاص والبث للطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة من الجسم الأسود فقط ليشمل طبيعة الضوء نفسه. لم يشك بلانك للحظة أن الطاقة الكهرومغناطيسية التي يمكن أن تنبعث على شكل كمات من الطاقة في أنها تسافر عبر الفضاء بشكل متصل كأمواج كهرومغناطيسية. لقد افترض آينشتاين أن الضوء عبارة عن سيل من الجسيمات المنفصلة بحيث يمثل كل جسيم وحدة من الطاقة أطلق عليها فيما بعد الفوتون، ويكون لكل فوتون مقدار من الطاقة يعتمد على تردد الضوء نفسه، v، بحسب العلاقة التالية:

$$E = hv$$

حيث h يمثّل ثابت بلانك. وبحسب هذه الفرضية فإن الإلكترون يمتص طاقة الفوتون الضوئي الذي يمكنه من التحرر من سطح الرقيقة المعدنية، والمتبقي من طاقة الفوتون تكسبه طاقة حركية. ويمكن كتابة هذه العلاقة على ضوء مبدأ حفظ الطاقة على النحو الآتي:

$$K = hv - \phi$$

حيث K تمثّل طاقة الفوتو ـ إلكترون الحركية، و ϕ تمثل الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون من الرقيقة المعدنية work function، و hv عبارة عن طاقة الفوتون الضوئي الذي يمتصه الإلكترون. لقد وجد تصور آينشتاين لطبيعة الضوء رفضاً من قبل العلماء وفي مقدمهم بلانك وبور، لأن ما سيقدمه هذا التصور من حلّ لمشكلة الانبعاث الكهروضوئي سيناقض العديد من التجارب والمشاهدات التي أثبتت أن الضوء ذو طبيعة متصلة وأنه ينتقل على شكل موجات. لقد زعزع آينشتاين بفرضيته الهدوء الذي ساد الأوساط العلمية لفترة طويلة حول طبيعة الضوء. لقد أثارت فرضية آينشتاين أسئلة أكثر مما حاولت أن تجيب عن بعضها، إذ كيف يمكن للمجال الكهرومغناطيسي المكوّن من جسيمات أن يبدي خواصاً كالتداخل والحيود؟ وكيف يمكن لمثل هذا المجال أن يكون جسيمياً وأن ينتقل في الوقت ذاته على شكل أمواج؟ كيف يمكن أن نجمع بين مختلف الظواهر الضوئية ذات المدلولات المتناقضة؟

لم يكن بالإمكان قبول تصور آينشتاين للمجال الكهرومغناطيسي إلاّ بعد

اكتشاف عدد من الظواهر الجديدة، كظاهرة تبعثر كمبتون Compton في العام 1923، والتي لا تقبل التفسير إلاً بالرجوع إلى النظرية الجسيمية.

مفعول كمبتون Compton Effect

إن المفهوم الكمي للضوء القائم على اعتبار الضوء مكوناً من فوتونات تتصرف كالجسيمات ذات طاقة محددة إلاً أنها ليس لها كتلة، هذا التصور الكوانتي يعني أنه من الممكن لفوتون ضوئي يتصادم مع جسيم مادي كالإلكترون مثلاً أن يعالج في إطار الميكانيكا التقليدية شبيهاً بتلك التصادمات التي تحدث بين كرتين من البياردو على سبيل المثال. لنتصور فوتوناً ضوئياً يحمل طاقة قدرها، hv، يصطدم بإلكترون ساكن (بالقياس إلى منظومة المختبر التي تجري فيه التجربة) ومن ثم ينحرف الفوتون الضوئي عن مساره الأصلي بعد أن يعطي جزءاً من طاقته إلى الإلكترون الذي يبدأ بالتحرك. إن الطاقة التي يفقدها الفوتون الضوئي والتي تؤدي إلى زيادة في طوله الموجي يكتسبها الإلكترون على شكل طاقة حركية، T، ويمكننا من خلال الإطار التقليدي الذي يعتمد على مبدأ حفظ الطاقة (الطاقة التي يفقدها الفوتون = الطاقة التي يكتسبها الإلكترون) ومبدأ حفظ كمية الحركة (كمية الحركة البدائية = كمية الحركة النهائية) أن نعالج هذا الافتراض الذي ستثبت التجربة التي قام بها آرثر كمبتون Arthur H. Compton في العام 1923 صحته. في هذه التجربة وجَّه كمبتون شعاعاً من الأشعة السينية x-Rays باتجاه حاجز من الجرافيت، حيث وجد كمبتون أن الأشعة السينية المبعثرة نتيجة اصطدامها بالحاجز لها طول موجي، λ، أكبر من الطول الموجي، λ_0، لذات الأشعة قبل الاصطدام. هذا التغير في الطول الموجي، $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$، والذي يطلق عليه إزاحة كمبتون Compton shift يختلف باختلاف زاوية التبعثر. لقد دعمت نتائج هذه التجربة النظرية الكمية للضوء بصورة قوية جداً، حيث لا يمكن تفسير مثل هذه الظاهرة بناءً على الطبيعة الموجية للضوء، ذلك أن النظرية الموجية للضوء تعطي الطول الموجي نفسه للأشعة السينية قبل وبعد الاصطدام على عكس نتائج التجربة. إن النظرية الكلاسيكية للضوء تفترض أن الأشعة الكهرومغناطيسية ذات التردد أو الطول الموجي المعيَّن القادمة باتجاه الحاجز المحتوي على الإلكترونات ستجعل من هذه الإلكترونات تتذبذب

وبالتالي ستشع الطاقة الكهرومغناطيسية نفسها التي اكتسبتها أو امتصتها مما يعني أن الطول الموجي لن يختلف قبل الاصطدام وبعده وهذا يتناقض مع التجربة.

وبافتراض أن الطاقة وكمية الحركة تُحفظ أثناء الاصطدام يمكن أن نشتق العلاقة التالية التي توضح مقدار التغير في الطول الموجي، $\Delta\lambda$، Compton shift للفوتون الضوئي المبعثر نتيجة اصطدامه بإلكترون كتلته m

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$$

حيث θ تمثّل الزاوية المحصورة بين اتجاه الفوتون قبل الاصطدام وبعده، و c تمثّل سرعة الضوء. إن من المهم أن نؤكد أن مفعول كمبتون يعتبر ظاهرة كوانتية خالصة، فعندما نجعل من ثابت بلانك يقترب من الصفر، $h \to 0$، فسنحصل على النتيجة التي تتنبأ بها النظرية الكلاسيكية.

إذن فنحن أمام طبيعة تتناقض فيها الظواهر وتتناقض فيها نتائج التجارب، فهل نحن أمام ظاهرة تؤكد مذهب الشك الذي ذهب إليه الفلاسفة من حيث نفيهم للحقيقة الموضوعية، فلا يوجد لديهم قيمة حقيقية للمعارف، كل ما يوجد هو الشك المتكافئ بين الحقيقة واللاحقيقة. هل هذا هو ما يمكن أن نصل إليه في نهاية المطاف أن ننكر الحقيقة الموضوعية لهذا العالم! إن افتراضنا لذات الشك كحقيقة مطلقة لهذا العالم يجعل من المبدأ نفسه باطلاً، ذلك أن ما يفترضه هؤلاء الفلاسفة من الشك المطلق يجعلنا نتساءل هل أن هذا الشك المطلق خاضع بدوره للشك، فإن كان خاضعاً للشك فلا يمكن أن نصدقه ونجعل منه قاعدة نحكم من خلالها على الأشياء، وإن كان لا يخضع للشك فهنا تتوقف القاعدة عن العمل ويبطل مفعولها. إذن للأشياء والحقائق في هذا العالم قيمة معرفية وموضوعية ونحن من خلال العقل وبمساعدة الحواس والتقنيات المتوفرة نحاول أن نميط اللثام عنها[1].

(1) إن الواقع الموضوعي كما يمكن البرهنة عليه فلسفياً كذلك يمكن الاستدلال عليه بطريقة الاستقراء العلمي أيضاً. وهذا ما حاوله المفكّر الإسلامي الكبير السيد محمد باقر الصدر حيث أكد في «الأسس المنطقية للاستقراء» على أن معرفتنا بالواقع الموضوعي هي استقرائية بكل ما تحمله الكلمة من معنى ولكن على ضوء نظرية جديدة لم يسبقه إليها أحد تمتاز بالأصالة والإبداع، ولكن هب أننا أخطأنا في محاولاتنا العلمية لاكتشاف الواقع وحقيقته وماهيته فهل يمكن أن ننكر أصل وجود الحقيقة =

إذن كل ما يملك العلماء قوله إزاء الطبيعة الكهرومغناطيسية هي التوفيق بين هذه الظواهر المتناقضة والجمع بينها، فما دامت التجارب تكشف عن الطبيعة الموجية والجسيمية لجملة من الظواهر في آن واحد فلا مناص من الآخذ بكلتيهما، واعتبار الضوء ذا طبيعة ثنائية duality أي أننا أمام صوره تكاملية، فكل ما نحصل عليه من نتائج لا يجوز النظر إليها على أنها متناقضة بل يجب النظر إليها على أساس أنها تكمل بعضها بعضاً، فالضوء يتصرف كموجة عندما يتعلق الأمر بظواهر معيَّنة كالتداخل والحيود ويتصرف كجسيم أو فوتون عندما يتعلق الأمر بظواهر أخرى كظاهرة التأثير الكهروضوئي ومفعول كمبتون. قد يكون من الصعب تصوّر أو قبول الطبيعة الثنائية للضوء على اعتبار ما اعتاد العقل أن يرى الأشياء على أنها ذات طبيعة واحدة فهي إما تكون أمواجاً أو جسيمات وليست أمواجاً وجسيمات في آن واحد. قد يكون الجواب عن مثل هذا التساؤل هو أن هذا التصور لطبيعة الأشياء يصح في العالم الكبير أي في الكتل الكبيرة أما عندما يتعلق الأمر بالفوتونات ولاإلكترونات فالأمر مختلف، فالجسيمات الصغيرة يمكن أن تبدي ظواهر تناقض طبيعتها الجسيمية أيضاً كما سنرى بعد قليل.

الخصائص الموجية للجسيمات وميلاد الميكانيكا الموجية

إذا كان الضوء ذا طبيعة جسيمية فهل يمكن العكس، أي هل يمكن أن تكون الجسيمات ذات طبيعة موجية؟ أول من طرح هذا التساؤل العالم الفرنسي لوي دوبروي Louis de Broglie عندما كان يقدم رسالته للدكتوراه في العام 1924، ونص في رسالته على أن الجسيم يكون مصحوباً بموجة ترتبط به على الدوام، تلك كانت أولى لحظات الميلاد للميكانيكا الموجية. لقد كان لهذه الفكرة التي تقدم بها دبروي ما يبررها، فلم تخرج جزافاً بل كانت نتيجة عجز الميكانيكا الكلاسيكية في تفسير الظواهر الذرية المختلفة، وما دام الأمر كذلك فلماذا لا يكون للعالم المتناهي في الصغر، العالم الميكروسكوبي، خصائصه التي تختلف عن العالم الماكروسكوبي، عالم الكتل الكبيرة وفيزياء العين المجردة. إذن لا بد أن يكون

= الموضوعية المستقلة في أذهاننا ونسبح في بحر المثالية والسفسطة لمجرد أن المحاولة العلمية لم تستطع إدراك كنه وماهية الواقع الموضوعي وعجزت عن تفسيره.

هناك نوع من القوانين الخاصة التي تنظم حركة الجسيمات في العالم الدقيق المتناهي في الصغر تجعل من قوانين الميكانيكا الكلاسيكية لا تعمل. رغم أن مثل هذه الفكرة تحتاج إلى دليل عملي فقد حظيت باهتمام الأوساط العلمية، ولم يستغرق الأمر طويلاً حتى تمكّن العالمان الأمريكيان دافيسون C.J. Davisson وجيرمر L.H. Germer في العام 1927 من اكتشاف ظاهرة التداخل في الإلكترونات، فقط سلطا حزمة من الإلكترونات بطاقة 54 إلكترون فولت بشكل عمودي باتجاه قطعة من النيكل فوجدا أن الإلكترونات المبعثرة تتداخل فيما بينها لتصنع مناطق مضيئة مظلمة عند زوايا محددة تماماً كما تفعل الأشعة السينية. كان ذلك أول برهان تجريبي يؤيد الفكرة التي طرحها دوبروي من أن المادة على مستوى الظواهر الذرية والجسيمات الدقيقة ليست ذات طبيعة مادية صرفة بل هي حقيقة تتجلى بمظهرين مختلفين، فهي تحمل الطبيعة المزدوجة الجسيمية والموجية معاً.

عدد من التجارب اللاحقة تمت باستخدام حزم مختلفة من البروتونات والنيترونات وذرات الهيدروجين والهليوم تتبعثر بواسطة بعض البلورات لتعطي ظاهرة الداخل ذاتها مما عزز من الظاهرة الموجية للجسيمات.

قبل هذه التجارب التي أكدت الطبيعة الثنائية للظواهر الذرية استطاع العالم النمساوي شرودينغر Erwin Shrodinger في العام 1926 من أن يشيد المعادلة الموجية التي تصف الطريقة التي تتغيّر بها الموجة المرتبطة بالجسيم أو الفوتون من حيث الزمان والمكان. هذه المعادلة التي تمثل المدخل الأساسي لميكانيكا الكم تشبه من حيث الأهمية إلى حد بعيد قانون نيوتن للحركة في الميكانيكا الكلاسيكية. وهكذا يتضافر المجهود النظري والتجريبي لتعزيز نظرية دوبروي.

والآن لنتعرف على الطول الموجي لدوبروي يعني طول الموجة المصاحبة للجسيم أثناء تحركه. نقطة البداية لدى دوبروي هي اعتبار الجسيمات الدقيقة ذات خصائص موجية تماماً كما اعتبرنا الإشعاع الكهرومغناطيسي ذا خصائص جسيمية. فما دام الفوتون الضوئي يبدي الطبيعة الجسيمية للضوء، فلا بدَّ أن يكون له كمية حركة، وكمية الحركة للفوتون الضوئي تعطى بحسب العلاقة التالية:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hc}{c\lambda} = \frac{h}{\lambda} \implies \lambda = \frac{h}{p}$$

من هذه المعادلة، يتبيَّن أن الطول الموجي للفوتون الضوئي، λ، يمكن أن يحدد بواسطة كمية الحركة. لقد عمم دوبروي هذه المعادلة الأخيرة الخاصة بالفوتونات لتشمل جميع الجسيمات انطلاقاً من إيمانه بالطبيعة الثنائية لكافة الأشياء. إن كمية التحرك للجسيمات تعتمد على كتلتها، m، وسرعتها، v، حيث $p=mv$ وبناءً على هذا يكون الطول الموجي لدوبروي

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

من هذه العلاقة يتبيَّن أنه كلما كانت كمية الحركة للجسيم كبيرة، صغرت الموجة المصاحبة له. هذه الموجة المصاحبة للجسيم تتمتع بالخصائص نفسها التي تتمتع بها الموجة العادية من السعة والطول الموجي والخضوع لقوانين التراكب superposition principle والاعتماد على الطور في التداخل البناء والهدام، ولكنها تختلف عن الموجة العادية من حيث إنها لا تحمل أي طاقة. تعتمد طاقة الموجات العادية على مربع السعة بينما مربع سعة الموجة الكوانتية يعبّر عن احتمالية وجود الجسيم في موقع معيَّن. وبما أن الموجة الكوانتية لا تحمل أي طاقة فهي غير قابلة للقياس أو الملاحظة، إن ما يمكن قياسه هو الجسيمات الكوانتية[1].

هايزنبرغ وعلاقة الارتياب أو عدم التحديد

في الفيزياء الكلاسيكية كل ما نود قياسه من خصائص فيزيائية فإننا نستطيع قياسه على نحو الدقة. كل شيء يقبل القياس فإن دقتنا في قياسه تخضع لعبقرية المجرب وللتقنية المستخدمة في القياس ولا يوجد مانع في الموضوع المراد قياسه ذاته يمنعنا من الحصول على قياسات دقيقة. لكن الأمر يختلف بالنسبة إلى العالم الميكروسكوبي، عالم الظواهر الذرية والجسيمات الدقيقة، فالمانع يقع في الموضوع ذاته أي أن عبقريتنا ليست الحاجز الذي يعيق دقتنا في القياس. إنما يوجد على الدوام الحاجز الآلي أو عائق الأدوات العلمية الذي يحول بيننا وبين معرفة هذا

(1) Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond the New Physics*, Anchor Books Edition 1987, p. 95.

العالم المتناهي في الصغر بشكل دقيق. فلماذا يوجد هذا الجدار الرفيع الذي يبعدنا أكثر كلما حاولنا الاقتراب من عالم الظواهر الكوانتية؟

قبل أن نجيب عن هذا التساؤل يجب أن نؤكد على أننا لا نستطيع أن نتعامل مع الظواهر الذرية والجسيمات الدقيقة بالطريقة نفسها التي نتعامل بها مع عالم الكتل الكبيرة، لأن الموضوعية تقتضي دراسة ذاك العالم بمعزل عن خلفياتنا السابقة. إن هناك فوارق جوهرية وأساسية بين هذين العالمين تفرض علينا أن نكيف عقولنا مع هذه الظواهر الجديدة.

في العام 1927 تمكّن العالم الألماني هايزنبرغ Werner Heisenberg الذي يعمل في معهد كوبنهاغن، من أن يكشف عن الجدار الذي يفصلنا عن عالم الظواهر الكمية. إنه حاجز ينبع من طبيعة هذه الظواهر التي تجعل من آليات القياس ـ مهما كانت دقتها ـ تغيّر من قِيم المنظومات الكوانتية المراد فحصها. إن هذا العالم المتناهي في الصغر يضع المانع الطبيعي بيننا وبينه. لقد استطاع هايزنبرغ من أن يتنبأ باستحالة قياس سرعة الجسيم وموقعه في وقت واحد. نعم يمكننا قياس سرعة الجسيم (أو كمية حركته) بالدقة التي نريدها ولكننا في الوقت ذاته سنرتكب خطأ في تحديد موقع ذلك الجسيم. فكلما كنا دقيقين أكثر في قياس سرعة الجسيم سيكون الخطأ المرتكب في تحديد الموقع أكبر وكذلك العكس. فأي قياس يمكننا من تحديد الموقع بدقة سيؤدي بالضرورة إلى زيادة الخطأ المرتكب في تحديد السرعة. وتنص علاقة الارتياب أو عدم التحديد على أن حاصل ضرب الخطأ المرتكب في تحديد الموقع، Δx، في الخطأ المرتكب في تحديد السرعة أو كمية الحركة، Δp، أكبر أو يساوي ثابت بلانك على النحو الآتي:

$$\Delta x \Delta p \geq h$$

هذه العلاقة إذن تتنبأ بالاستحالة الفيزيائية التجريبية من تحديد الدقيق لموقع وسرعة جسيم ما في آن واحد، إنه من الممكن أن نحدد أحدهما بدقة لكننا سنفقد قدرتنا على تحديد الآخر بالدقة نفسها وذلك بسبب **تدخل آلية**[1] **القياس التي تغير**

(1) إن مدرسة كوبنهاغن التي سنوضح رؤيتها للعالم الذري ترى أن هذا العالم الدقيق ذو طبيعة احتمالية ولا يقبل التحديد. لذا نرجو من القارئ العزيز أن يلتفت إلى أن قانون العلية أو مبدأ السببية =

بالضرورة من النظام المراد قياس خصائصه. وحتى يتضح مبدأ هايزنبرغ دعنا نفترض التجربة الخيالية التالية. لنفترض أننا نريد أن نحدد موقع وسرعة إلكترون بدقة بالغة. وحتى نستطيع من تحديد موقع الإلكترون بدقة لنتصور أنه يمكننا ذلك من خلال ميكروسكوب له قدرة فائقة على التكبير بحيث يمكّننا هذا الميكروسكوب من إرسال فوتون ضوئي واحد يصطدم بالإلكترون وينعكس عنه ليمر بعد ذلك بالميكروسكوب ثم إلى عين المشاهد. ولنفترض أننا بهذه الطريقة تمكّنا من أن نحدد موقعه بدقة، ولكننا حينئذ لن نتمكن من تحديد سرعته لأن الفوتون الضوئي سينقل جزءاً من طاقته وكمية حركته إلى الإلكترون مما سيشل قدرتنا على تحديد سرعته بدقة.

إن الميكانيكا النيوتنية التي تستطيع قياس السرعة والموقع بدقة كبيرة لا تستطيع أن تسير بنا بعيداً عندما يتعلق الأمر بالظواهر الذرية. لقد كشف هايزنبرغ عن هذا الجدار الرفيع الذي يفصل الميكانيكا الكوانتية عن مثيلتها النيوتنية، فما تراه الميكانيكا النيوتنية ممكناً من حيث قابليتها لقياس كل من الموقع والسرعة في الوقت ذاته أصبح مستحيلاً في الميكانيكا الكوانتية، حتى يومنا الحاضر. فهل ستبقى هذه الاستحالة إلى الأبد أم أنه يمكن أن يأتي يوم تتطور فيه الوسائل العلمية الدقيقة والأدوات الحساسة للقياس بحيث تتجاوز هذه الأزمة المعضلة بحيث تكون عملية القياس في الميكانيكا الكوانتية مثل عملية القياس في الميكانيكا الكلاسيكية؟

قد يطرح التساؤل التالي: ما هو وجه الربط بين الموقع والسرعة؟ ألا توجد مثل هذه الخصائص بشكل مستقل؟

أحد أهم الفوارق بين الفيزياء الكوانتية والفيزياء الكلاسيكية، أن هذه الأخيرة تنظر إلى خصائص الحادث الميكانيكي بشكل مستقل، فيمكن أن نقيس السرعة والموقع بمعزل عن بعضهما البعض فليس قياسنا للسرعة يؤثر في قياسنا للموقع وكذلك العكس. بينما تكون الخصائص الكمية مترابطة أثناء عملية القياس وليست مستقلة. وعند دراسة هذه العلاقة بين مختلف الخصائص الديناميكية التي تتغيّر مع الزمن (كمية الحركة، الطاقة، الموقع. . . إلخ) وليست الخصائص الثابتة التي لا

= causility principle القائل بأن لكل حادثة سبباً أي يستحيل أن توجد حادثة بلا سبب لا يمكن استثناؤه من عالم الوجود وفي مختلف المستويات لأنه قانون عام لا يقبل التخصيص والاستثناء.

تتغيّر (الشحنة، الكتلة، القيمة القياسية للدوران المغزلي. . . إلخ) وجد أنها تترابط بصورة زوجية، فالخاصية «أ» ترتبط بصلة ما مع الخاصية «ب» التي توصف بأنها المرافق للخاصية «أ»، هذه الثنائية في الظاهرة الكمية تحد من قدرتنا على قياس كليهما في وقت واحد. فإذا ما استطعنا أن نقيس أحدهما بدقة لامتناهية فإننا لن نتمكّن من القياس الدقيق للخاصية الأخرى بشكل لانهائي أيضاً. وهذا يعني أن نصف خصائص الجسيم لا نتمكن من معرفتها بشكل دقيق أثناء عملية القياس. من الخصائص المترافقة في الظاهرة الكوانتية، الترافق بين الزمن، Δt، والطاقة، ΔE، والمعطاة بحسب علاقة عدم التحديد أو الارتياب السابقة

$$\Delta E \Delta t \geq h$$

وهذا يعني أنه لا يمكن حساب طاقة منظومة ما بدقة فائقة في فترة زمنية قصيرة جداً. لقد اجتهد كل من بور وهايزنبرغ في التأكيد على أن علاقة الارتياب لا تعني حدود القدرة الآلية وأجهزة القياس للفهم الدقيق للواقع الكوانتي بقدر ما تعني قانوناً طبيعياً يحد من قدرتنا نحن البشر على الإحاطة التامة بهذا الواقع، وهذا ما سوف نوضحه في الفصل القادم.

الفصل الخامس

أزمة الواقعية في الفيزياء الكوانتية

قراءة في الجدل الأنطولوجي العلمي الفلسفي بين مدرسة كوبنهاغن والمدرسة العقلية

لم يكن اكتشاف هايزنبرغ لعلاقة الارتياب إلاّ بداية لجدل علمي ـ فلسفي واسع، فقد أصبحت النظرية الكوانتية عرضة لتفسيرات فلسفية متناقضة هي في الواقع امتداد للجدل الفلسفي حول نظرية المعرفة والذي يرجع إلى بدايات النهضة الأوروبية. لقد أحيت النظرية الكوانتية الصراع الفلسفي حول نظرية المعرفة وأقحمت الفيزياء في قلب البحث الفلسفي الحديث. لقد انقسم الفيزيائيون حول الفهم الفلسفي للنظرية الكوانتية إلى تيارين كبيرين يقودهما صانعو الفيزياء الحديثة ولا يزال الصراع بينهما قائماً، فذهب بعضهم إلى اتخاذ مذهب وضعي ظاهراتي متطرف ينفي الوجود الواقعي للظواهر الكوانتية خارج حدود مشاهداتنا التجريبية[1]. وهذا الاتجاه هو امتداد لفلسفة الفيزيائي وفيلسوف العلوم النمساوي إيرنست ماخ، الوضعية الظاهراتية. هذه الفلسفة التي ترفض أن نفسر الظواهر بأسباب غير مرئية وبهذه النظرة الضيقة التي تحصر المعرفة في حدود الحس كان يعارض النظرية الذرية لأن الدليل الحسي المباشر الذي يؤكد وجودها في كل لحظة غير قائم. ويرى ماخ أن كل قوانين الطبيعة لا تعبّر عن واقعية ما، نعم هذه القوانين يمكن أن تصف المشاهدات الحسيّة للظواهر ولكن الواقعية تكمن في هذا الكم من القياسات والمشاهدات التجريبية فقط. وسنبيِّن لاحقاً ما حدود هذا التنكر لواقعية الظواهر الذرية، ذلك أن أنصار هذا التوجه يختلفون في حدود ما يمكن أن ننفيه من واقعية، لكنهم يتفقون على الأقل في أن الطبيعة ليست نسقاً واحداً تمتلك فيها الأجسام الدقيقة نفس واقعية الأجسام الكبيرة التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو ذلك العالم

(1) Ernest J. Sternglass, *Before the Bige Bang: The Origin of the Univers*, New York 1997, p. 54.

الذي يكون فيه ثابت بلانك مهملاً. إن هذا الاتجاه يؤمن بواقعية الظواهر الذرية في اللحظة التي نقوم بقياسها، وبهذا الاعتبار تصبح النظرية الكوانتية مجرد آلة رياضية تنتج أرقاماً تتوافق مع نتائج التجارب بدون أن تكون هذه الأرقام تعبّر عن واقعية معيّنة لهذه الظواهر، وهذا التفسير يسير بشكل متواز مع فلسفة ماخ والذي تبناه بالكامل قادة هذا التيار من أمثال بور وهايزنبرغ وبورن. إن عنصر القوة الذي تستند إليه هذه النظرية وأنصار هذا الاتجاه هو قدرة النظام الرياضي على التوافق مع المعطى التجريبي ولكن عنصر القوة هذا يشكّل في الوقت نفسه عنصر ضعف لأن في قلب هذه النظرية تقع معادلة شرودينغر وهي المعادلة الأساسية التي تتحكم في الظواهر الذرية النسبية، وكلا المعادلتين تقعان خارج حدود الفيزياء الكلاسيكية إذ لا يمكن أن نشتقهما انطلاقاً من أي معطيات أو قواعد كلاسيكية. فمعادلة شرودينغر ومعادلة ديراك اللتان تصفان سلوك أو حركة الجسيمات الدقيقة تعتمدان في وصفهما على دالة موجية مركبة لأنها تحتوي على الرقم الخيالي الذي لا يمثّل أي كمية فيزيائية بل يعبّر عن مفهوم مجرد ليس له أي معنى فيزيائي. وبالتالي لا يمكن أن نتصور أن هذه الدالة الموجية المركبة يمكن أن تصف عالماً يتمتع بوجود حقيقي واقعي. لقد وضعت النظرية الكوانتية الفيزيائيين في حيرة؛ إذ كيف نستند إلى دالة خيالية لوصف بعض الخصائص الفيزيائية الواقعية. وحفاظاً على هذه الإنجازات التي تمكّنت المنظومة الرياضية للنظرية الكوانتية من الانسجام مع معطيات التجارب تصور بور أن الحل يكمن في إعادة النظر في أفكارنا الفطرية التي تعمل بصورة صحيحة في المستوى الماكروسكوبي، فهذه المفاهيم الفطرية المنسجمة مع التطبيقات والتجارب في العالم الكلاسيكي تقف عند الحاجز الكوانتي حيث ثابت بلانك يصبح مهماً وذا قيمة وتفقد هذه المفاهيم الفطرية عندئذ قيمتها الموضوعية.
إن بور يصوّر لنا الطبيعة على أنها عالم متقطع الأواصر منفصل الحلقات يتكوّن من واقعيات منفصلة ليس بينهما ارتباط، فطيف الطبيعة ليس متصلاً ننتقل فيه من عالم إلى آخر على نحو التدرج بحيث يمكننا دائماً الرجوع تماماً كما يحدث عندما ننتقل من النظرية النيوتنية إلى النظرية النسبية حيث تكون النظريتان طيفاً متصلاً متكاملاً، بل يجب علينا في الحالة الكوانتية أن نقفز من العالم الكلاسيكي إلى العالم الكوانتي بدون أن يكون هناك جسر يربط بين العالمين، فعالم الكوانتا، عالم قائم بذاته له

واقعيته الخاصة المستقلة عن العالم الكلاسيكي وإن كان ذلك لا يتلاءم مع تصوراتنا الأولية. وحتى لا يعترف بور بعجز نظرياته وأفكاره للوصول بشكل مطلق لهذا العالم نراه يعيد النظر بالكامل حول الهدف من دراسة الطبيعة، قال ذات مرّة: «It is wrong to think that the task of physics is to find out how nature is. Physics concerns what we can say about nature»[1] «إنه من الخطأ أن نعتقد أن مهمة الفيزياء هي معرفة الطبيعة كما هي، بل إن مهمته في ماذا يمكن أن نقول نحن عن الطبيعة». وهذه الرؤية تتوافق مع خط كانْتْ الفلسفي في النظر إلى المعرفة من الزاوية البشرية لا من حيث إن المعرفة لها حقيقة خارجية تتمتع باستقلال تام عن العنصر البشري، وما نقوم به هو محاولة اكتشاف هذه الحقيقة الخارجية ذات القيمة الموضوعية. إن بور يتفق مع كانْتْ في أنه لا يمكن الفصل بين العالم والمعلوم أو المشاهِد (بكسر الهاء) والمشاهَد (بفتح الهاء) أو الذات والموضوع Subject and Object على المستوى الذري فكلاهما يتفاعل ليشكل وحدة حقيقية أو ما يسميه «wholeness».

ويطلق على هذا الاتجاه الذي يرى أن الطبيعة تتكوّن من عوالم ذات واقعيات غير مترابطة قد تتفق أو تختلف مع بديهيات فكرنا البشري بـ «مدرسة كوبنهاغن أو التفسير الكوبنهاغني». وقد سمي كذلك لأن هذا التفسير جاء من معهد بور للدراسات النظرية الذرية والذي يوجد في كوبنهاغن عاصمة الدنمارك.

يقف في قبال هذه المدرسة، الحسية الظاهراتية، المدرسة العقلية التي تؤمن بأوليات الفكر البشري الذي لا يستمد قيمته من خلال الحس أو الممارسة العملية وأن الإنسان عبر هذه المعارف الأولية يبني جميع نظرياته المعرفية بلا استثناء، وعالم الكوانتا لا يحيد عن هذه القاعدة على الإطلاق. إن الطبيعة في فهم هذه المدرسة نسق واحد متصل الحلقات، ترتبط عوالمه المختلفة بجسور تمكننا من الانتقال السلس من عالم إلى آخر وليس من القفز من عالم إلى آخر. ورغم أن التفسير الذي قدمته مدرسة كوبنهاغن حظي بدعم الكثير من علماء الفيزياء البارزين سواء من الذين ساهموا في تكوينها من أمثال بور وهايزنبرغ وديراك وبورن أو من

---

(1) Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond the New Physics,* Anchor Books Edition 1987, p. 45.

الذين جاؤوا بعد ذلك وأعجبوا بتطبيقاتها الواسعة، فإن هذا التفسير لقي معارضة من الكثيرين أيضاً وعلى رأسهم واحد من أكبر الشخصيات العلمية التي عرفها القرن العشرين، آينشتاين. لقد ظل آينشتاين طوال الفترة التي أعقبت نضوج النظرية معارضاً لها وحاول أن يُبيِّن أنها نظرية ناقصة ولا تُعبِّر عن الواقع. يشارك آينشتاين العديد من العلماء الذين حملوا لواء العقلانية الفلسفية كلو دوبروي وديفيد بوهم.

وسنقدم بعد قليل دراسة وافية إن شاء اللّه للموقف الفلسفي لهاتين المدرستين من النظرية الكوانتية. ولكن قبل ذلك سنتعرض لظاهرة التداخل في الشقين وهي الظاهرة التي تختزن بداخلها كل الغموض المتعلق بالنظرية الكوانتية وهي الظاهرة التي تستند إليها مدرسة كوبنهاغن في موقفها الفلسفي من النظرية وهي كذلك الظاهرة التي لا يزال يدور بشأنها مختلف الجدل الفلسفي في الوسط العلمي حتى اليوم. قال ريتشارد فايمن Richard Feynman وهو أعظم فيزيائي في عصره في الصفحة الأولى من كتابه **«محاضرات في الفيزياء» «Lectures in phyiscs»** والمخصص للميكانيكا الكوانتية عن هذه الظاهرة «It is impossible, absolutely impossible to explain in any classical way. It has in it the heart of quantum mechanics. In reality, it contains the only mystery»[1] «إنه من المستحيل، إنه من المستحيل على النحو المطلق أن نفسر ـ ظاهرة التداخل في الشقين ـ بالطرق الكلاسيكية. إنها قلب الميكانيكا الكوانتية. وفي الواقع، إنها كل اللغز». في الفصل السابق تعرضنا بشكل عابر لتجربة التداخل الضوئي في الشقين، وكانت هذه التجربة دليلاً على أن الضوء له طبيعة موجبة. فالمناطق المضيئة والمناطق المظلمة التي تتكوّن على شاشة تقع خلف حاجز يحتوي على الشقين. فعندما تمر الموجات الضوئية عبر هذين الشقين تتداخل فيما بينها إما بشكل بناء مكوّنة المناطق المضيئة وإما بشكل هدام مكونة المناطق المظلمة. كانت التجربة في ذلك الوقت دليلاً على صدق التفسير الموجي للضوء. إذ لا يمكن للتفسير الجسيمي للضوء أن يوضح كيف يمكن للجسيمات أن تتداخل لتكون تلك البقع المضيئة والمظلمة. ولكن بعد أن ثبت من خلال تجارب عدّة أن الضوء مكوّن من

(1) John Gribbin, *Schrodinger's Kittens and the Search for Reality*, Back Bay Books 1995, P. 1.

حزم من الطاقة منفصلة أطلق عليها الفوتونات، وأن الجسيمات لها خصائص موجية أصبحت هذه الظاهرة تنطوي على غموض كبير.

الفوتونات والجسيمات الذرية في تجربة ذات الشقين

كم تبدو تجربة ذات الشقين سهلة ولا تنطوي على غموض عندما نتعامل مع الضوء باعتباره مكوناً من أمواج كهرومغناطيسية، لكن الأدلة التي برهنت على الطبيعة الجسيمية للضوء جعلت من هذه التجربة تخرق المألوف الذي اعتاد الذهن البشري التكيف معه. ولكن يبدو أن الطبيعة لا يهمها ما إذا كانت قوانينها تنسجم مع تصوراتنا ونمط تفكيرنا، فنحن من يجب عليه أن يفهم الطبيعة كما هي دون أن نلون ظواهرها بعاداتنا الذهنية التي ألفنا أن نفكّر من خلالها وأن نرى الطبيعة تحت ظلالها. لقد أدت نتائج بعض التجارب وخاصة تجربة التأثير الكهروضوئي وتجربة مفعول كمبتون على أن الضوء في مثل هذه التجارب لا يتصرف كموجة بل يسلك سلوك الجسيمات، وانتهى الأمر إلى اعتبار الضوء مكوّناً من فوتونات وهي عبارة عن حزم من الطاقة عديمة الكتلة تتحرك بتتابع منفصل. من المألوف لدينا أن الطريقة التي تمر بها الجسيمات من خلال فتحتين في حاجز يختلف تماماً عن الطريقة التي تمر بها الأمواج. فلو أطلقنا الرصاص باتجاه جدار يحتوي على فتحتين بحيث يفصل بين رصاصة وأخرى فاصل زمني، وكان الإطلاق يتم بشكل عشوائي. من الطبيعي أن يمر بعض الرصاص من الفتحة الأولى والبعض الآخر من الفتحة الثانية. في الحاجز الخلفي للجدار سيتكون الشكل الناتج من تراكم الرصاص المار من الفتحتين. الشكل نفسه سينتج لو أننا قمنا بسد إحدى الفتحتين، ولتكن الفتحة الأولى، لمنتصف الوقت وسمحنا للرصاص بالمرور من الفتحة الثانية ثم قمنا بسد الفتحة الثانية للمنتصف الباقي من الوقت وسمحنا للرصاص بالمرور من الفتحة الأولى. من المهم أن نذكر أننا لن نحصل على الشكل الذي تنتجه الأمواج عندما تمر من الفتحتين حيث يكون في المنطقة المتوسطة والمقابلة للفتحتين في الحاجز الخلفي معظم تداخلات الأمواج فتكون مساحة البقع المضيئة والمظلمة في هذه المنطقة كبيرةً، ذلك لأن الجسيمات لا تتداخل فيما بينها كالأمواج.

صحيح أنه إذا مررنا مجموعة كبيرة من الجسيمات في وقت واحد من الفتحتين

يمكن أن تعطينا الشكل الذي تنتجه الأمواج. فأمواج الماء عندما تمر عبر الفتحتين تعطينا على الحاجز الخلفي الشكل الذي تنتجه موجات الضوء، والماء في حقيقته مكوّن من جسيمات مادية. لكن الغموض في التجربة يتعمق عندما نمرر الفوتون الضوئي واحداً بعد آخر في الفتحتين أو الشقين في الوقت نفسه.

في منتصف الثمانينات من القرن العشرين تمكّن فريق من العلماء في باريس[1] من مشاهدة التأثير الذي يحدث على لوح فوتوغرافي يقع خلف حاجز يحتوي على فتحتين عندما يمر فوتون ضوئي في كل لحظة، يمكن ذلك بجعل المصدر الضوئي منخفض الإشعاع لدرجة أن فوتوناً ضوئياً واحداً يمر في الشقين في كل لحظة، وهذا يتطلب تقنية عالية ومعقدة. لقد وجدوا أن الشكل الذي يتكون على اللوح الفوتوغرافي الذي يسجل في كل لحظة يصل إليه الفوتون نقطة بيضاء هو نفسه الذي ينتجه الضوء عندما يمر في الفتحتين. فإذا اعتبرنا الفوتونات الضوئية كالجسيمات فهل هذا يعني أن الفوتون يمر عبر الفتحتين في وقت واحد ثم يتداخل مع نفسه لينتج ذات الشكل عندما يمر طوفان من الفوتونات عبر الشقين. ثم كيف يعرف الفوتون أين يتجه ليوضع نفسه في المكان المخصص على اللوح الفوتوغرافي الذي ينتج بعد تراكم ملايين الفوتونات الشكل ذاته الذي ينتجه الضوء. ولِمَ لا يسلك كل فوتون الطريق نفسه الذي يسلكه الفوتون الآخر؟ لقد رأينا أن الرصاص الذي يمر في لحظات منفصلة عبر فتحتين في جدار لا يعطي الشكل الذي تنتجه الأمواج. فإذا كان الفوتون الضوئي له هوية الجسيم المادي نفسها فكيف لنا أن نفسر النتائج المختلفة التي نحصل عليها عندما نمرر الرصاص عنها عندما نمرر الفوتونات بتتابع منفصل فهل يعني هذا أن الفوتون يملك واقعية مغايرة للرصاص؟!. أيضاً يحدث الشيء نفسه عندما نقوم بسد أحد الشقين وتمرير الفوتون من الشق الآخر لمنتصف الوقت، فعند جمع الشكلين الناتجين سنحصل على الشكل الذي قد حصلنا عليه عندما كان الشقان مفتوحين. فهل يعلم الفوتون مسبقاً أن أحد الشقين مغلق والآخر مفتوح ليتصرف على هذا الأساس، فيضع نفسه في الموضع الخاص الذي يعطينا في النهاية وعبر تراكم الفوتونات الضوئية الشكل ذاته. قد يحاول البعض أن يفسر

---

(1) المصدر السابق، ص 5.

هذا الغموض على اعتبار أن الضوء له سرعة مطلقة، بمعنى أن قياسه يعطي دائماً السرعة نفسها. فهذا الشذوذ في سرعة الضوء هو الذي وَلّد مثل هذا الغموض في هذه التجربة. لكن الأمر لا يقتصر على الفوتونات إنما ينطبق على الجسيمات المادية الدقيقة كالإلكترونات والذرات. لقد أجرى فريق من اليابان في عام 1987 في مختبرات هيتاشي للأبحاث تجربة ذات الشقين على الإلكترونات وجاءت النتائج مشابهةً تماماً للتجارب التي أجريت على الفوتونات. وفي بداية التسعينات أجرى فريق من العلماء الألمان في جامعة كونستانز التجربة ذاتها ـ ذات الشقين ـ على ذرات الهليوم وحصلوا على نتائج مشابهة. وقد حصلوا على النتائج نفسها في جامعة MIT عندما استخدموا ذرات الصوديوم(1). فما الذي تعنيه هذه التجارب. فهل تعني أن هذا الجسيم الدقيق يمر من الشقين في الوقت نفسه ثم يتداخل مع نفسه، فكيف يمكن لجسيم مادي أن يكون في مكانين في الوقت نفسه. وهل يمكن لمثل هذه التجارب أن تعني أن هذا الجسيم المادي الدقيق يتحرك كموجة وعندما يصطدم باللوح الفوتوغرافي يتحول إلى جسيم. هل يمكن لعقولنا أن تستوعب هذا الجسيم قبل مشاهدته يتصرف كموجة وعند مشاهدته على اللوح فإننا نموضعه في منطقة محددة من الفضاء فنراه كجسيم؟ كيف لنا أن نفهم أن الإلكترون أو أي جسيم ذري يتصرف حسب ظروف التجربة، فإذا قمنا بسد أحد الشقين لمنتصف الوقت فإن الإلكترون يسلك الطريق الذي يعطي في النهاية الشكل الذي تنتجه الإلكترونات عندما تمر من كلا الشقين في وقت واحد. فهل يعلم الإلكترون مسبقاً بأن أحد الشقين قد أغلق ليتصرف حسب هذا الظرف. هل نحن إزاء عالم يختلف جذرياً عن عالمنا الكبير وبالتالي يجب أن نكيّف أفهامنا معه ولا يجب أن نحمل هذا العالم الرواسب الفكرية التي تجمد ذهننا عليها عند تعاملنا مع العالم الكبير ـ عالم العين المجردة ـ.

إن تحول الموجة إلى جسيم عند مشاهدته يعرف بانهيار الدالة الموجية «Wave Function Collapse». إن هذا التفسير جعل من آينشتاين يتساءل هل إننا عندما لا نرى القمر فإنه يكون غير موجود، وفي اللحظة التي نشاهده فيها يكون

---

(1) المصدر السابق، ص 7 ـ 9.

موجوداً! بهذا الاتجاه فإن واقعية الأشياء يخلقها المشاهد وقبل ذلك ليس لها واقعية. إن بور يعتقد أن فعل المشاهدة نفسها (المشاهدة الواعية كما يرى جون ويلير[1]، وهنا يتداخل الوعي بالواقع في علاقة ضرورية ووجودية بحيث لا وجود للواقع بدون وجود المشاهد الواعي) هو ما يجعل الموجة تنهار إلى الجسيم وقبل ذلك ـ أي قبل فعل المشاهدة ـ فإن هذا الجسيم غير موجود على الإطلاق! إن العالم مكوّن من ذرات وإلكترونات لكن هذه الجسيمات الصغيرة التي تكوّن هذا العالم لا تحمل الواقعية ذاتها التي يحملها، «There is no deep reality»[2] أي لا يوجد واقعية في العمق. أكثر من ذلك يذهب جون ويلير إلى أن الماضي ليس شيئاً جامداً بل هو يتأثر بالقرارات المتخذة في الحاضر، فالمشاهد يستطيع أن يحدد باختياره لظروف التجربة ليس فقط الخصائص الكوانتية في الزمن التي تجري فيه التجربة بل ينسحب ذلك أيضاً على الخصائص ذاتها في الزمن الماضي الذي لم تجرِ فيه التجربة. وهنا يتداخل الوعي كعنصر أساسي في تكوين الحاضر والماضي معاً. فالمشاهد بقراره يستطيع أن يحدد ما إذا كان الضوء موجة أو جسيماً ليس فقط في الامتداد المكاني بل أيضاً في الامتداد الزماني. فقرار المشاهد في أن ينظر أو لا ينظر في الوقت الذي تصل فيه الفوتونات إلى الشاشة يحدد الطبيعة التي كان عليها الضوء لحظة مروره بالفتحتين. في هذه النظرية تسقط ثنائية الفكر والوجود، فالواقع ما هو تعبير عن الإدراك الواعي، وبذلك تنتهي النظرية في أعلى مراحلها إلى فلسفة بركلي في نفي الواقع واعتباره مجرد صورة في الفكر!

إن الصورة يكون لها وجود عندما نلتفت إليها أي عندما نستحضرها في النفس وتنعدم عندما نغفل عنها. فتعلق الواقع الكوانتي بالمشاهد الواعي وانعدامه بانعدام المشاهدة الواعية يجعل حقيقة هذا الواقع ليست مادية بل صورية. في عالم الصور يكون للوعي دور أساسي في وجوده، أما العالم الخارجي بحجمه الكبير والصغير لا يتعلق وجوده بالوعي وإلا يكون هذا نفياً كاملاً للمادية في الطبيعة.

---

(1) Paul Davies and John Gribbin, *The Matter Myth*, Published by Simon and Schuster 1992, p. 213.

(2) Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond the New Physics*, Anchor Books, 1987, p. 16.

لا أدري كيف سيعرف المناطقة العلم على المستوى الذري إذا كان الفكر جزءاً أساسياً من الواقع الخارجي. فهم ـ المناطقة ـ يعرفون العلم على أنه انعكاس أو انطباع لصورة الشيء الخارجي في الذهن، وفي هذا التعريف تتضح ثنائية الفكر والواقع، فكلاهما مستقل عن الآخر كما أن الفكر بحسب التعريف يمارس دوراً سلبياً تجاه الواقع. أما في المستوى الذري فإن الفكر يحدد نوعية الواقع ثم يقوم بإدراكه، فهل يمكن لنا بعد أن صيرنا الفكر والوجود في وحدة حقيقية أن نعرف العلم على المستوى الذري على أنه إدراك الفكر لنفسه؟!

إن علاقة عدم التحديد أو الارتياب لهايزنبرغ جسّدت هذه النظرة التي يرتبط فيها الواقع بفعل المشاهدة الواعية، فموقع الإلكترون يمكن تحديده على نحو الدقة عند مشاهدته، تلك المشاهدة الواعية التي تعي ما تشاهد وماذا تريد أن تقيس، أما سرعة الإلكترون فليس لها واقع محدد قبل أن نقوم بمراقبته وقياس سرعته. إن الموقع أو السرعة ليس لهما واقع محدد قبل عملية القياس الواعية، وإن اللحظة التي نختار أن نقيس فيها أحدهما تعني أننا وبفعل عملية القياس جعلنا له واقعاً محدداً.

لقد حاول شرودينغر وهو أحد مؤسسي ميكانيكا الكم عبر تجربة افتراضية سميت **بمتناقضة قط شرودينغر** Shrodinger's cat paradox في العام 1935 أن يوضح المغالطة والغموض الذي ينطوي عليه التفسير الذي تبنته مدرسة كوبنهاغن والذي يتمثل في أن ما يحدث على المستوى الذري يرتبط بعلاقة وجودية مع المشاهد الواعي. والمتناقضة تفترض وجود صندوق بداخله قط ومادة مشعة radioactive material، وجهاز كاشف للأشعة detector الذي يرتبط بجهاز يطلق غازاً ساماً يؤدي إلى موت القط في اللحظة التي يسجل فيها الجهاز الكاشف عن وجود أشعة.

قبل فتح الصندوق لمعرفة ماذا يحدث فإننا نحتمل بنسبة 50:50٪ أن القط حي وأن الكاشف لم يلتقط أية أشعة وبالتالي فإن الغاز السام لم يطلق. والاحتمال الآخر أن الكاشف التقط الأشعة المنبعثة من المواد النشطة إشعاعياً والغاز السام قد ملأ فضاء الصندوق، والقط أصبح في عداد الأموات. هذا هو المنطق التقليدي الذي ينسجم مع طريقة تفكيرنا، لكن المنطق الذي تحمله مدرسة كوبنهاغن شيء

مختلف. فقبل فتح الصندوق ومشاهدة ماذا يحدث، القط يكون في درجة من الوجود غير محددة بمعنى أنه ليس حياً وليس ميتاً. فقط عند فتح الصندوق ومشاهدة ماذا يحدث، فقط في تلك اللحظة يتحدد وضع القط من حيث الحياة أو الموت. هذا هو المنطق الجديد الذي فرضته الفيزياء الكوانتية، فهناك درجة من الوجود الطبيعي تتداخل فيها واقعيته وتتلاحم بالمشاهد أو المراقب الذي يطل عليه وقبل ذلك لا يكون له وجود محدد أو معروف. فكل الواقعيات موجودة، الحياة والموت، ومتراكبة وليس لنا أن نستخدم المنطق الذي يضعنا أمام عدد من الخيارات المستقلة حول هوية ذلك الوجود. وبناءً على التفسير الذي تبنته مدرسة كوبنهاغن، فإن الدالة الموجية لهذا النظام المغلق ـ الصندوق يتكوّن من جزيئات وذرات وإلكترونات ـ لن تنهار حتى يأتي المشاهد الواعي ويفتح الصندوق. فقط في تلك اللحظة التي يفتح فيها الصندوق تنهار الدالة الموجية له وتتحدد واقعية القط. هذه المتناقضة أرادت أن تبين مدى الغموض الذي ينطوي عليه هذا التفسير، إذ كيف نتصور قطاً ليس حياً ولا ميتاً في الوقت نفسه، أليس هذا جمعاً بين المتناقضين. ثم ما هو تعريف المشاهد الواعي، ألا يمكن للقط داخل الصندوق أن يؤدي وظيفة الإنسان المشاهد. ألا يمكن لكمبيوتر متطور أن يتسبب في انهيار الدالة الموجية وإخراج القط من الوجود المبهم غير المحدد إلى واقعية معيَّنة.

ويمكن أن نجعل من المتناقضة متناقضة مركبة لو افترضنا أن هذا الصندوق يوجد داخل مبنى. ولو افترضنا أن شخصاً داخل المبنى لمعرفة ماذا يجري داخل هذا الصندوق ولا يوجد في المبنى شخص آخر. إن التفسير الكوبنهاغني يفترض في هذه الحالة أن الشخص وما بداخل الصندوق في وضع غير محدد حتى يأتي شخص آخر من خارج المبنى وينظر، ويظل الاثنان والقط في حالة غير معرفة حتى يأتي شخص ثالث وهكذا يمكن للعملية أن تتسلسل إلى ما لا نهاية. يقول ستيفن هوكينغ Stephen Hawking في مثل هذه الحالة يجب أن نفترض شيئاً خارج الكون ينظر إلى الكون ويجعل من مجمل دالته الموجيه تنهار[1].

---

(1) John Gribbin , *Shrodinger's Kittens and the Search for Reality*, Back Bay Books, 1995, p. 16 - 21.

الواقعيات المتعددة! نظرية هوف إيفيريت Hugh Everett

متناقضة شرودينغر دفعت إيفيريت Everett في العام 1957 إلى الزعم أن الواقع يتعدد بعدد الاحتمالات الممكنة. تصوّر يفيريت الحل من خلال استنساخ الواقعية الواحدة إلى واقعيات تمثّل كل واقعية أحد الاحتمالات القائمة. فالقط في متناقضة شرودينغر يتواجد في واقعيتين منفصلتين يكون في أحدهما ميتاً وفي الآخرى حياً وكلاهما ـ الواقعيتين ـ يشكلان الخيارين المحتملين لهذه الواقعة. دعنا نتفق مع إيفيريت فيما يقول من أن العالم يستنسخ إلى كافة الاحتمالات الممكنة، وهذه العوالم منفصلة متوازية، ولكن هل يمكن أن نقدم الدليل العلمي المستند إلى التجربة لنثبت حقيقة هذه الواقعيات المتعددة[1]. المشكلة أن إيفيريت يجيب بالنفي لأن هذه الواقعيات ليس بينها اتصال وليس بالإمكان أن نختبر علمياً حقيقة هذه الواقعيات.

هكذا وبكل بساطة طاف خيال إيفيريت ليرى المخرج من هذه المتناقضة في استنساخ الواقع، لكنه خرج بنا نحو إشكالية لا تقل عن المشكلة الأصل، بل تزيد عليها فقدانها للقيمة العلمية المبنية على اختبار الأفكار والقبول بها كحقائق بعد التثبت من صحتها في المختبر.

وهنا نتساءل عن القواعد التي تضبط قبول الآراء في الوسط العلمي والفلسفي. هل يمكن أن نتقبل الأفكار وإن كانت فاقدة للقيمة العلمية التجريبية أو تتعارض مع بديهيات الأفكار العقلية. كيف للوسط العلمي أن يصف رأي إيفيريت أمام الآراء الجدية التي تنطلق في تصورها للحل من خلال المنهج العلمي التجريبي. الكلام عن إيفيريت ينطبق على الكثير من الآراء الفاقدة للقيمة العلمية والفلسفية والتي نراها تصف مع الآراء المبنية على أصول وقواعد التفكير والتي قد تخطى طريقها للحل هنا وهناك لكنها ترجع إلى أصول فكرية حقيقية، فالرأي الخاطئ في مثل هذه الحالة كالشجرة التي لا تثمر لكن لها جذوراً راسخة في الأرض. إما أن نقبل هذه الآراء التي تنمو في الهواء بدون أن يكون لها جذور في الأرض، فهذا بمثابة ضياع

---

(1) Paul Davis and John Gribbin, *The Matter Myth*, Published by Simon and Schuster, 1992, p. 226 - 231.

للمجهود الفكري، وتشجيع لمثل هذه الآراء الهوائية أن تأخذ طريقها في صفحات الكتب.

الموقف الفلسفي العام لمدرسة كوبنهاغن والمدرسة العقلية

يرتكز الموقف الفلسفي لمدرسة كوبنهاغن على جزئين أساسيين، وكلا الجزئين ينطلقان من موقف فلسفي سابق يرى في الحس مصدر المعرفة الوحيد. **الجزء الأول** ينطلق من عدم قدرتنا على تفسير فيزيائي يقوم على تصورنا الكلاسيكي للعالم لمجمل العمليات الكوانتية. وهذا الجزء قاد المدرسة إلى نفي الواقعية الكوانتية أو على الأقل إلى فصلها عن الواقع الذي تتحكم به قوانين مكيانيكا نيوتن واعتباره واقعاً مستقلاً. أما **الجزء الثاني** فيتعلق بعدم قدرة الميكانيكا الكوانتية على توصيف العمليات الكوانتية بشكل محدد نحصل بواسطتها على قيمة محددة وفريدة single - valued solution للمسائل، الأمر الذي أدى بهذه المدرسة إلى نفي مبدأ السببية واستبداله بمبدأ الاحتمالات. وسنتعرض في هذا الفصل إلى الجزء الأول الذي نتناول فيه الواقعية الكوانتية في وجهة نظر المدرستين.

أما المدرسة العقلية (لقد تبنينا تسميتها بالمدرسة العقلية مقابل تسميتها المعروفة بالمدرسة الواقعية لأن أصحابها وعلى رأسهم آينشتاين يؤمنون بالمعارف الأولية التي هي نتاج العقل وحده) فتنطلق في رؤيتها للعالم من مقدمتين. **أولاً**: إن للعالم الخارجي واقعية مستقلة عن المشاهد، فالكون له وجوده الحقيقي بقوانينه المبنية على السببية والحتمية ولا تأثير لوجودنا على واقعية هذا العالم. ويترتب على ضوء هذه المقدمة أن الأجسام الكوانتية تمتلك خصائص ديناميكية مستقلة تماماً عن التجربة. **ثانياً**: إن هناك عوامل خفية hidden variables ليست متضمنة في النظام الرياضي للنظرية الكوانتية، والإحاطة التامة بهذه العوامل سيعطينا الصورة الكاملة والمحددة تحديداً سببياً للعالم الكوانتي. ويترتب على هذه المقدمة أن العمليات الكوانتية لا تتم وفق المنطق الاحتمالي على نحو المطلق كما تزعم مدرسة كوبنهاغن، بل إن عدم فهمنا التام لهذه العوامل هي ما يجعل هذا العالم يبدو وكأنه قائم على العشوائية واللاسببية.

الموقف الفلسفي لمدرسة كوبنهاغن والمدرسة العقلية من الواقعية الكوانتية

إن ما يميّز المنهج التجريبي الحديث هو صياغة الظواهر الطبيعية صياغة رياضية ينعكس في هذه الصياغة الواقع الطبيعي. إن الوصف الرياضي للظواهر الطبيعية ما هو إلاّ تحويل المعطيات الحسية إلى كميات مجردة ترتبط مع بعضها البعض في شبكة من العلاقات الجبرية والرياضية. هذا الانتقال من المعطى الحسي إلى الرمز المجرد يعتبر ضرورة فكرية، ذلك لأن الفكر قوة مجردة يناسبها التعامل مع المجردات. المهم أن البناء الرياضي للظواهر الطبيعية يحوي على رموز يشير كل رمز إلى كمية فيزيائية في الواقع، مما يعني أن هناك اتصالاً بين البنية الرياضية والواقع الطبيعي. المشكلة التي تواجه الميكانيكا الكوانتية هي هذه القطيعة بين البنية الرياضية والواقع الكوانتي الذي تعبّر عنه. فمعادلتا شرودينغر وديراك اللتان تمثلان قلب النظرية تنطويان على دالة موجية خيالية تمكننا هذه الدالة من وصف سلوك الكينونات الفيزيائية في الواقع الكوانتي. وهنا تكمن القطيعة، إذ كيف لنا أن نصف واقعاً فيزيائياً قائماً بكمية خيالية. والكمية الخيالية عبارة عن مفهوم مجرد ليس لها أي معنى فيزيائي. ومما زاد من حجم المشكلة ووضع العلماء منها في حيرة هي هذا التوافق بين الميكانيكا الكوانتية التي تحوي الكميات الخيالية وبين النتائج التجريبية. ومن هذا الفارق الذي يفصل بين الرمز والواقع يبدأ الانقسام في تفسير الواقعية الكوانتية. فمنهم من يتمسك بالبناء الرياضي للمكانيكا الكوانتية ويرى في قدرة هذا النظام الرياضي على تفسير النتائج التجريبية دليلاً على صحتها وينفي في الوقت نفسه الواقع الكوانتي وهذا الموقع الذي تبنته مدرسة كوبنهاغن. ومنهم من يتمسك بالواقع الكوانتي باعتباره امتداداً للواقع التقليدي ويرى أن النظام الرياضي للنظرية لا يعبِّر عن الواقع الكوانتي بشكل كامل وهذا الموقف تبنّته المدرسة العقلية الواقعية.

كان من الطبيعي لمن تمسك بالخيار الرياضي للنظرية أن يعيد النظر بالأفكار الأولية التي نتصور بها العالم الكلاسيكي والتي نتج عنها القوانين التي فسّرت نطاقاً واسعاً من الحوادث الطبيعية. وكان من الطبيعي أيضاً لمن تمسك بهذا الخيار أن يرى في النظام الرياضي ـ الذي يستطيع أن يفسر المشاهدات التجريبية ـ الهدف الذي ينشده العالم من دراسة الطبيعة. إذ ليس من وظيفة العلوم البحث عن الواقعية

وراء الحوادث الطبيعية، بل إن مهمتها هي في تقديم الوصف الرياضي الذي يتناغم مع المعطيات التجريبية بصرف النظر عما يجري في الواقع. وبعبارة أخرى تتحول العلوم في نظر هذه المدرسة ـ كوبنهاغن ـ إلى آلة رياضية تنتج أرقاماً تتطابق مع نتائج التجربة. وكما قال بور زعيم مدرسة كوبنهاغن «There is no quantum world. There is only an abstract quantum description»[1]. وهذه العبارة تدل على أن هذه المدرسة تنفي الواقع الكوانتي وترى في تطابق الوصف الرياضي المجرد للظواهر الذرية التي تقع داخل محيط التجارب نهاية المطاف والكلمة الفصل بالنسبة لهذا العالم.

إذن هذه الحالة الانفصامية بين دلالات الوصف الرياضي والواقع دعا هذه المدرسة إلى نفي الواقعية، وبتعبير بور «There is no deep reality» أي في أعماق الطبيعة حيث العالم الذري لا يوجد واقعية حقيقية، فهذا العالم لا يتمتع بالوجود الموضوعي الواقعي كتلك التي ننسبها للحجر والشجر، إن الواقعية الحقيقية هي لتلك المشاهدات التجريبية أي لما يمكن أن تصل إليه الحواس من معرفة! وتذهب مدرسة كوبنهاغن إلى أبعد من ذلك عندما تؤمن بأن المشاهدات التجريبية سبب في وجود واقعية ذرية لا يتجاوز زمنها الزمن الذي تستغرقه التجربة، وبعبارة أدق أن الواقعية الكوانتية محدودة بالزمن الذي يستغرقه المشاهد العاقل في النظر إلى العالم الذري «Reality is created by observation»[2] وسنتعرض بالتفصيل لهذه النقطة التي تمثل الحجر الأساسي في البناء الفلسفي لمدرسة كوبنهاغن. ننتهي إلى أن التفسير الكوبنهاغني ينفي الواقعية لعالم الكوانتا خارج إطار المشاهدات التجريبية، فعالمنا الذي يتمتع بالموضوعية الواقعية كما يدرك الكل حقيقة ذلك بالوجدان إنما يطفو على عالم لا يتمتع بالدرجة نفسها من الواقعية، فهل هي مثالية على المستوى الذري؟ وما هي الواقعية التي ترفض مدرسة كوبنهاغن أن نتعامل معها على المستوى الذري؟

وللإنصاف نقول قد يقع الدارس لأزمة الواقعية في الفيزياء الكوانتية عندما يستعرض آراء مدرسة كوبنهاغن بالخلط بين ما يقصده الفلاسفة من الواقعية realism

---

(1) Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond The New Physics*, Anchor Books, 1987, p. 17.

(2) المصدر السابق، ص 17.

التي هي في مقابل السفسطة وبين الواقعية التي تحاول أن تنفيها هذه المدرسة من عالم الكوانتا. إن الواقعية الكوانتية عند بعض أتباع مدرسة كوبنهاغن ليست في مقابل المثالية idealism، بل هي في مقابل التصور الكلاسيكي للعالم الذي اعتاد فكرنا على التأقلم مع ثوابته ومتغيّراته، وهذا التوجه هو الذي سيكون محل نقاشنا. إن مدرسة كوبنهاغن ليست موحدة الفهم حول واقعية عالم الكوانتا فما بين ناف لهذا العالم بصورة كلية وما بين مؤمن بواقعيته لكنه ينفي الوجود المادي الجسيمي له. فالعالم إيديغتن في كتابه «The Philosophy of Physical Science» يؤكد على أن ما نتعلمه من التجارب يتأثر بشكل كبير بتوقعاتنا أو بما نحمله من تصور سابق على التجربة. إن يديغتن يشبه الدارس لعالم الكوانتا بالنحات الذي يستطيع من خلال أدواته أن يظهر رأس إنسان في قطعة من الرخام، فقبل أن يستخدم هذه الأدوات لم يكن في تصور أحد أنه يمكن لقطعة الرخام أن تخفي بداخلها رأس إنسان وبهذه الطريقة اكتشف رذرفورد النواة![1] وهذا يعني أن الإلكترون والنواة وكل الجسيمات ليس لها وجود واقعي بل هي تصوراتنا التي تعطي للتجارب كل هذه المعاني. فالذرة ليس لها وجود حتى استطاع العلماء بأدواتهم أن يصوروا لنا وجودها، فالأمر كله لا يعدو أن يكون خيالاً بشرياً صنعته التقنية الحديثة. أما هايزنبرغ فيشبه واقعية عالم الكوانتا بقوس قزح، فهذا القوس يمتلك واقعية لكنه بدون أجسام، فعالم الكوانتا عالم خالٍ من الأجسام وكما قال «atoms are not things» الذرات ليست أشياء. لكننا لن نتعرض لمثل هذه الآراء المتطرفة من أتباع هذه المدرسة بل سنناقش الرأي الوسط الذي يعبّر عنه زعيمها بور. فبور يحاول أن ينفي من عالم الكوانتا ليست الواقعية التي تدل على عالم يتمتع بوجود موضوعي حقيقي خارج حدود إدراكاتنا، بل هي تنفي الوجود الحقيقي المستقل لبعض الخصائص التي تمتلكها جسيمات ذاك العالم كما هو حال الأجسام في عالمنا المنظور. ونقصد بالوجود الحقيقي المستقل أي البعيد عن قياساتنا أو تدخلنا الآلي عندما نريد فحص تلك الخصائص. إن مدرسة كوبنهاغن تفصل بين الخصائص الثابتة (مثل الكتلة، الشحنة، الدوران. . . إلخ) التي تتمتع بها الجسيمات الدقيقة

---

(1) John Gribbin, *In The Search of Shrodinger's Cat.*

كالإلكترون والموجودة بصورة مستقلة بصرف النظر عما إذا تدخلت آلة القياس للفحص عنها أم لم تتدخل وبين تلك الخصائص الديناميكية، المتغيّرة[1]، (مثل الموقع، كمية الحركة. . . إلخ) التي تخلقها ظروف تجاربنا وتدخلاتنا بأدوات القياس عندما نود الفحص عنها. إن هناك تفاعلاً لا يمكن تجنّبه على الإطلاق بين أدوات القياس والمنظومة الكوانتية المراد قياسها، هذا التدخل يجعل من هذه الخصائص ليست ذات وجود مستقل بل جزء من حقيقتها يعود إلى هذا التدخل الخارجي، وبتعبير بور «indivisible wholeness» أي أن هناك وحدة حقيقية بين أدوات القياس والمنظومة الكوانتية بحيث إنه ليس في استطاعتنا أن نفصل بينهما أو أن نحدد هذه من تلك، مما يعني أن هناك كلية حقيقية تجعل من الخصائص الكوانتية واقعيات متوقفة على ظروف التجربة. إن ما يجعل الحجر يختلف عن الإلكترون ليس في واقعية كل منهما، بل في أن الحجر لا تتأثر جميع الخصائص الثابتة والمتغيّرة التي يتمتع بها بأدوات القياس الخارجية بينما الخصائص المتغيّرة للإلكترون تعتمد على الطريقة التي نقيسها بها، فليس لها وجود حقيقي بعيداً عن أدوات القياس. بمعنى أن الإلكترون ليست له خصائص متغيّرة ذات قيمة محددة عندما لا نقوم بقياسها، بل نحن نصنع مثل هذه الخصائص من خلال أدوات القياس. وليس معنى ذلك أن الإلكترون ليس له وجود واقعي. لقد انقادت مدرسة كوبنهاغن من خلال المعطيات التجريبية إلى الفصل التام بين الحقيقة الموضوعية التي نعرفها واعتاد تفكيرنا التعامل معها على المستوى الماكروسكوبي وبين الحقيقة الموضوعية على المستوى الميكروسكوبي والتي يجب أن نتعامل مع الظواهر التي تفرزها بشكل مختلف عما ألفناه عندما كنا نتعامل مع الأجسام والكتل الكبيرة.

في العام 1932 أصدر فون نيومان Von Neumann، وهو واحد من أعظم رياضيي القرن العشرين، كتابه «The Foundations» الذي يعدونه بمثابة الإنجيل في النظرية الكوانتية وتعرض فيه لمشكلة القياس، وتعامل فيه مع أدوات القياس على أساس أنها أدوات كوانتية وليست كلاسيكية، لا يوجد في تصور فون نيومان عالم كلاسيكي؛ فكل ما يحويه العالم من مادة هو ذات طبيعة كوانتية. لقد آمن فون

(1) Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond The New Physics*, Anchor Books, 1987, p. 161 - 162.

نيومان بالوحدة الموضوعية للطبيعة، وهذه الطبيعة كما يراها ليست كلاسيكية. إنه يختلف مع مدرسة كوبنهاغن في تجزئتها للواقع والحقائق إلى ما هو كلاسيكي وما هو كوانتي.

التيار المضاد لمدرسة كوبنهاغن، والذي سنطلق عليه فيما بعد المدرسة العقلية لأن أتباعها يؤمنون أن بعض المعارف البشرية قد تكون كما يقول آينشتاين إبداعات حرة للفكر البشري وليست محددة من طرف العالم الخارجي، أي أن العقل بما يمدنا به من تصورات أولية للطبيعة بالإضافة إلى المعطيات التي تمدنا بها التجارب يشكلان الصورة المتكاملة للمعرفة البشرية. فهذا التيار يتمسك بالواقعية على المستوى الذري، وينظر إلى الوجود بكل أطيافه على أنه وجود موضوعي حقيقي واحد بحيث يتمتع كل ما في هذا العالم من أصغر الجسيمات الأولية إلى أكبر مجرات الكون بالوجود الموضوعي نفسه سواء بسواء، وأن عدم مقدرتنا على الوصول إلى الحقائق الكمية لا ينفي هذا النسق المتجانس للطبيعة، فلا يوجد حدود في عالم الطبيعة تفصل بين ما هو واقعي وما هو غير واقعي، الكل يتمتع بالدرجة نفسها من الوجود الواقعي. قال بوهم أحد أبرز معارضي مدرسة كوبنهاغن «The whole idea of science so far has been to say that underlying the phenomenion is some reality which explains things»[1]، يعني أن الفكرة المبدئية التي تنطلق منها العلوم هو وجود عالم حقيقي وراء الظاهرة الطبيعية يفسر ما يحدث وما نشاهد. ويرى بوهم أن الجسيمات الأولية لها الوجود الموضوعي الواقعي نفسه للكتل الكبيرة، فلا فرق بين الإلكترون والحجر على سبيل المثال من حيث واقعية كل منهما مع فارق أساسي وهو أن الإلكترون له القدرة على معرفة البيئة التي يتواجد فيها وسنبين هذا الأمر فيما بعد. كما أن السيد جون بيل John Bell الذي يعتبر من أشد معارضي مدرسة كوبنهاغن قال «It is very strange in Bohr that, as far as I see, you don't find any discussion of where the division between his classical apparatus and quantum system occurs»[2]، بما

(1) John Horgan, *The End of Science*, Broadway Book, 1997, p. 86.

(2) Andrew Whitaker, *Einstein, Bohr and The Quantum Dilemma*, Cambridge University Press, 1996, p. 183.

معناه أنه من العجيب من بور بحسب ما أراه، أنك لن تجد نقاشاً حول الحد الذي يفصل بين الآلة الكلاسيكية والمنظومة الكوانتية. يعني في أي مكان يقع هذا الحد الذي يفصل بين العالم الكلاسيكي الذي تنطبق عليه المفاهيم التقليدية وبين العالم الكوانتي الذي لا تنطبق عليه تلك المفاهيم التقليدية.

لقد حاول آينشتاين أن يبرهن عبر عدد من التجارب الافتراضية واقعية عالم الكوانتا. واحدة من أهم هذه التجارب الافتراضية التي دار حولها جدل واسع، وكتبت فيها مئات الأوراق العلمية، وشكّلت تحدياً علمياً وضعت المفاهيم التي تمثل الحجر الأساس لمدرسة كوبنهاغن في موقف حرج للغاية لسنوات طويلة حتى بعد وفاة آينشتاين هي التجربة المسماة EPR Experiment، والـ EPR عبارة عن مختصر الحروف الأولى لكل من آينشتاين Einstein، بودولسكي Podolsky، روزن Rosen، وهم أول من فكّر وطوّر هذه التجربة الافتراضية، ويعتبر آينشتاين بدون شك صاحب الفكرة الرئيسية لهذه التجربة، وهي تأتي استكمالاً لعدد من التجارب الافتراضية، حاول من خلالها آينشتاين أن يبرهن على أن النظرية الكوانتية ليست تعبيراً مكتملاً عن الواقع الكوانتي. لقد حاول آينشتاين أن يبرهن من خلالها على أن للجسيمات الدقيقة قيماً محددة للخصائص المتغيرة كالموقع وكمية الحركة حتى قبل إخضاعها للقياس. فكمية الحركة في تصور مدرسة كوبنهاغن، مثلاً، ليس لها قيمة محددة قبل عملية القياس. وبالتالي فليس لكمية الحركة وجود قيمي حقيقي محدد إلاّ في تجاربنا، الأمر الذي حاولت تجربة الـ EPR أن تثبت عكسه مما يجعل من النظرية الكوانتية نظرية غير مكتملة وتحتاج إلى بعض العناصر حتى تتمكن من التعبير الكامل عن الواقع الكوانتي. لم تجعل تجربة الـ EPR أمام مدرسة كوبنهاغن من خيار، فإما القبول بالتصور الكلاسيكي الواقعي الموحد للطبيعة أو التخلي عن العلاقة التموضيعة locality بين المؤثر والمتأثر أو بين السبب والنتيجة. التموضيعة تعني أن (أ) يؤثر في (ب) إما بشكل مباشر أو عبر سلسلة من الوساطات التي تنقل التأثير الذي أحدثه (أ) إلى (ب). وفي الجهة المقابلة فإن العلاقة غير التموضيعة nonlocality تعني أن التأثير يقفز من (أ) إلى (ب) دون أن يمس كل منهما الآخر أو يوجد بينهما ما ينقل التأثير الذي يحدثه (أ) إلى (ب)[1].

---

(1) Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond The New Physics*, Anchor Books, 1987, p.212 - 215.

لقد كان التصور الكلاسيكي العلائقي للحوادث قائماً على أساس التموضعية في العلاقات التي تربط الأشياء بعضها ببعض.

عندما ترتبط الحادثة (أ) بالحادثة (ب) بعلاقة غير تموضعية فهذا يعني أنه لا يوجد وسط ناقل للتأثير الذي يحدثه (أ) في (ب) كما هو الحاصل في العلاقات التموضعية. فالعالم بحسب الترابط التموضعي يتبادل التأثير عبر وسائط جسيمية أو مجالية، وإذا كانت النظرية النسبية تضع سقفاً يتمثل في سرعة الضوء حيث لا يمكن لسرعة الأجسام والمجالات أن تتجاوزها، فإن التأثير الذي تحمله هذه الوسائط أيضاً لن يتجاوز سرعة الضوء. ومن المعروف كلاسيكياً أن التأثير الذي تنقله مثل هذه الوسائط يضعف مع المسافة فتأثير الجاذبية الأرضية يضعف بشكل تربيعي كلما ابتعدنا عن الأرض. ولكن إذا افترضنا وجود علاقات غير تموضعية ينتقل التأثير دون وسائط مادية فإن التأثير الذي يحدثه (أ) في (ب) يكون لحظياً بحيث ينتقل بسرعة أكبر من سرعة الضوء، ولا يضعف مع تباعد المسافة بينهما بل إن التأثير يتمتع بالدرجة نفسها من القوة عندما يكون الفاصل ملايين الأمتار أو عندما يكون مليمتراً واحداً.

التموضعية وتجربة الـ EPR

الفكرة الرئيسية وراء تجربة الـ EPR بسيطة للغاية ولكنها على مستوى ذكي جداً، جسيم يوجد في وضع ساكن ينحل إلى جسمين يتحركان في اتجاه معاكس ولكل منهما المقدار نفسه من كمية الحركة بحسب مبدأ حفظ كمية الحركة. فلو قمنا بقياس كمية الحركة لأحد هذين الجسمين على نحو دقيق، معنى ذلك أن الجسم الآخر الذي لم نقم بقياس كمية حركته له كمية الحركة نفسها للجسيم الأول، ومعنى ذلك أن الجسيم الثاني له كمية تحرك محددة القيمة رغم أننا لم نقم بقياسها وأنها تمتلك هذه القيمة المحددة قبل إجراء عملية القياس للجسيم الأول. كما أننا نستطيع أن نعرف موقع الجسيم الثاني في لحظة ما بقياسنا لموقع الجسيم الأول في تلك اللحظة، الأمر الذي يجعل من عالم الكوانتا عالماً يمتلك خصائص ديناميكية محددة القيمة تماماً كالخصائص التي تمتلكها الأجسام في عالمنا المنظور، قمنا بقياسها أم لم نقم، تمكّنا من قياسها أم لم نتمكن، وهذا يناقض ما تذهب إليه

مدرسة كوبنهاغن من نفي وجود قِيم محددة للخصائص الديناميكية للجسيمات قبل القيام بعملية القياس.

ونستطيع على هذا النحو أن نحدد كمية تحرك الجسيم وموقعه في الوقت نفسه وذلك بقياس كمية حركة الجسيم الأول، وهذا يخبرنا بشكل لحظي عن كمية التحرك للجسيم الأول، وموقع الجسيم الثاني في اللحظة نفسها، وهذا يخبرنا بشكل لحظي بموقع الجسيم الأول، وبالتالي نكون قد حددنا كمية الحركة والموقع للجسيم في الوقت نفسه. وبما أن هذه التجربة استطاعت أن توضح أنه في أي لحظة توجد قيمة محددة سابقة على عملية القياس لكمية الحركة وللموقع، فإن النظرية الكوانتية التي لا تسمح بمثل هذه القِيم المحددة ليست كاملة. أقول إذا كان من عمل يستطيع أن يكشف عن واقعية عالم الكوانتا بالنظر إلى إمكانياتنا ومعارفنا في وقتنا الحاضر لن يكون بأفضل من هذه التجربة.

لقد جاء مصطلح التموضعية Locality حتى يكتمل برهان هذه التجربة الافتراضية، فافتراضنا لتموضعية يلغي أي احتمال لتأثير عملية القياس التي نجريها على أي من الجسيمين على الجسيم الآخر. فنحن عندما نقوم بقياس كمية حركة الجسيم الأول فلن يؤثر هذا القياس على الجسيم الثاني وكذلك العكس. وإذا لم نفترض ذلك أي أن قياسنا للجسيم الأول يؤثر في الجسيم الآخر كان معنى ذلك أن القياس هو الذي أوجد أو خلق الخصائص المتغيرة للجسيم، إذ قبل عملية القياس فإن هذه الخصائص لا وجود لها على الإطلاق. هذا الافتراض الضروري والذي يمثّل المحور الذي تقوم عليه المتناقضة يجعل السببية التي تربط الأشياء بعضها ببعض تكون متموضعة أي تحدث في المكان نفسه.

إذن الكوانتا عالم يتمتع بالدرجة نفسها من الواقعية التي يتمتع بها العالم الكبير، لكن بعض عناصره الواقعية خفية والتي لم تمكّننا وسائل التجربة من الاطلاع عليها تجعلنا نعتقد أنه له واقعية مختلفة وأن النظرية الكوانتية هي بالفعل تعبير مكتمل لهذه الواقعية.

لقد كانت التجربة تحدياً حقيقياً قاتلاً واجه التفسير الكوبنهاغني لواقع العالم الكوانتي، فقد شلت من قدرة بور على الرد السريع وانتظر قرابة الشهرين حتى جاء

رده غير حاسم وكان فلسفياً أكثر من كونه فيزيائياً[1]. لكن المهم أن بور لم ينفي العلاقة التموضعية، فقياسنا للجسيم الأول لا تؤثر بأي حال على الجسيم الآخر. وظلّت تجربة الـ EPR الافتراضية لغزاً حيّر المنتسبين إلى مدرسة كوبنهاغن لمدة ثلاثين عاماً من وقت صدورها حتى تمكن جون بيل في عام 1964 من تحويل هذه الافتراضية إلى شيء يقبل الاختبار.

لم تترك هذه التجربة الافتراضية أمام مدرسة كوبنهاغن من خيار إلاً التخلي عن التموضعية، وهذا ما حاول جون بيل عبر ما عرف بمتراجحة بيل تفنيده من عالم الكوانتا. فكما أن هناك ظواهر تحكمها العلاقة التموضعية فهناك الكثير من الظواهر الكوانتية محكومة بعلاقات غير متموضعة، مما يدعم التصور الكوبنهاغني الأساسي لعالم الكوانتا باعتباره عالماً ذا واقعية مختلفة قائماً على الإحصاء والاحتمالات وأخيراً ينتظم بعلاقات غير تموضعية.

متراجحة بيل Bell's Inequality

يمكن لنا أن نعيد صياغة الأفكار التي وردت في متناقضة الـ EPR ولكن بدلاً من أن نستخدم ثنائية الموقع وكمية الحركة وهما كميتان متصلتان، سنعمد إلى استخدام كمية منفصلة discrete وهي الدوران المغزلي. نحن لا نستطيع التعرف على المركبات الثلاثة (X, Y, Z) للدوران المغزلي الكوانتي لجسيم دقيق أو فوتون في وقت واحد، فمثلاً لنفترض بروتوناً له دوران مغزلي إلى الأعلى على المحور السيني، X، فبحسب النظرية الكوانتية يكون له قيم غير محددة على المحورين Y و Z، ونحن لا يمكننا القيام بقياس الدوران على المحورين X و Y في الوقت نفسه. ما تحاول متناقضة الـ EPR أن تبرهن عليه هو قصور النظرية الكوانتية من توصيف الواقع الكوانتي بصورة تامة، وذلك بتصميم تجربة قادرة على قياس الدوران المغزلي للجسيم أو الفوتون على المحورين X و Y معاً في آن واحد[2].

---

(1) Jan Faye, *Niels Bohr: His Heritage and Legacy*, Kluwer Academic Publishers, 1991, p. 177.

(2) Andrew Whitaker, *Einstein, Bohr and Quantum Dilemma*, Cambridge University Press, 1996. p. 227 - 228.

ولتمثيل الفكرة في متناقضة الـ EPR لنتصور الجسيم الدقيق المتعادل الشحنة بايون neutral pion في وضع ساكن وينحل إلى فوتونين، $\pi^o \rightarrow \gamma^+\gamma^-$، يتحركان في اتجاهين متعاكسين. البايون المتعادل ليس له دوران مغزلي، وبالتالي فإن الفوتونين يتحركان في جهتين متعاكستين وبدوران مغزلي متعاكس وهذا ضروري للحفاظ على المجموع المتجهي للدوران المغزلي قبل وبعد الانحلال. وإذا وجد أن الفوتون رقم 1 له دوران مغزلي على المحور X إلى الأعلى، فإن الفوتون رقم 2 يجب أن يكون له دوران مغزلي إلى الأسفل على المحور X. وهكذا، فقياسنا للدوران على المحاور الأخرى لأحدهما يمكننا من معرفة قِيم الدوران على ذات المحاور للفوتون الآخر. فإذا ما قمنا بقياس الدوران على المحور X للفوتون رقم 1 وقمنا كذلك بقياس الدوران على المحور Y للفوتون رقم 2 بالإمكان تحديد قيمة الدوران المغزلي على المحورين X و Y للفوتون الواحد في الوقت نفسه، وهذا يخالف النظرية الكوانتية التي تحرم المعرفة المتزامنة للكميتين غير قابلة للتعاكس mutually noncommuting observables كالدوران المغزلي. من هنا نشأ التناقض، إذ كيف نجمع بين التجربة الافتراضية التي تمنحنا القدرة على قياس الدوران على المحورين X و Y بينما تحرمه النظرية الكوانتية التي ترى أن التحديد الدقيق للدوران على المحور X يفقدنا دقة القياس للدوران على المحور Y.

كان المخرج الوحيد أمام النظرية الكوانتية هو افتراض أن القيام بقياس الدوران المغزلي على المحور X للفوتون الأول سوف يجعل من الدوران المغزلي للفوتون الثاني في مستوى غير محدد القيمة على المحور Y مهما كانت المسافة التي تفصل بينهما، مما يعني أن التموضعية التي تعبّر عن الواقع في مستواه الماكروسكوبي لا تصح تعبيراً للواقع في مستواه الميكروسكوبي. إذن فنحن أمام خيارين الأول أن نقبل النظرية الكوانتية كحقيقة بالرغم من أنها تتعارض مع النظرية النسبية الخاصة لأننا نفترض أن الفوتون الثاني علم بصورة لحظية بأننا قمنا بقياس الدوران المغزلي على المحور X للفوتون الأول رغم ما يفصلهما من سنوات ضوئية تحتاج المعلومة لتنتقل إلى وقت غير قصير كي تطلع الفوتون الثاني عن وضع الفوتون الأول، الأمر الذي يقود إلى افتراض سرعة أكبر من سرعة الضوء بكثير تستطيع على الأقل أن تقطع الفضاء الكوني في زمن يسير جداً. والخيار الثاني أن نعترف بأن النظرية

الكوانتية غير مكتملة وأن هناك عناصر خفية لم تكشف عنها النظرية الكوانتية.

في عام 1964 قام جون بيل باقتراح طريقة للكشف عن وجود العوامل الخفية التي إذا تضمنتها النظرية الكوانتية فسوف نحصل على صورة واقعية تموضعية قائمة على السببية لعالم الكوانتا.

لنعد إلى جسيم البايون المتعادل والذي ينحل إلى فوتونين يتحركان في اتجاهين متعاكسين وبدوران مغزلي متعاكس، وسيكون لكل من هذين الفوتونين دوران مغزلي على كل من المحاور الثلاثة (X, Y, Z) كما أن لكل دوران مغزلي قيمة من اثنتين، إما دوران إلى الأعلى (+) أو دوران إلى الأسفل (−).

بدأ بيل اختباره بافتراض صحة الرؤية الواقعية التموضعية للعالم. فإذا قمنا بقياس الدوران للفوتون رقم 1 على المحور X وقمنا في الوقت نفسه بقياس الدوران للفوتون رقم 2 على المحور Y فإذا كانت متناقضة الـ EPR صحيحة فسيكون لكل فوتون قيم حقيقية للدوران على المحاور X, Y, Z قبل التجربة، مما يثبت وجود عوامل خفية لم تتضمنها النظرية الكوانتية.

لنفترض الآن أن لدينا مجموعة من الفوتونات وأننا قمنا بقياس الدوران المغزلي لهذه المجموعة من الفوتونات. ولنستخدم الرمز $N(X^+, Y^-)$ للدلالة على عدد الفوتونات التي لديها دوران مغزلي موجب على المحور X ودوران مغزلي سالب على المحور Y. إن هذا العدد من الفوتونات بحسب النظرة الواقعية سيتضمن الفوتونات ذاتها التي لها دوران مغزلي موجب وسالب على المحور Z كما تبينه المعادلة التالية:

$$N(X^+, Y^-) = N(X^+, Y^-, Z^+) + N(X^+, Y^-, Z^-) \qquad (1)$$

هذه المعادلة تشير إلى وجود خصائص حقيقية سابقة على التجربة. وللتوضيح أكثر، فإن هذه المجموعة من الفوتونات بحسب التصور العقلي الواقعي لا بدَّ أن تتضمن الفوتونات التي لها دوران مغزلي موجب والفوتونات التي لها دوران مغزلي سالب قبل أن نقوم بعملية القياس.

والآن لنستخدم الرمز $n[X^+, Y^+]$ للدلالة على عدد القياسات التي نقوم بها لزوج من الفوتونات حيث يكون للفوتون الأول دوران مغزلي موجب على

المحور X وللفوتون الثاني دوران مغزلي موجب على المحور Y. ونحن بحسب النظرية الكوانتية لا نستطيع أن نقيس الدوران المغزلي على المحور X وعلى المحور Y للفوتون نفسه. من هنا تأتي متراجحة بيل لتبرهن على أنه إذا كانت المعادلة (1) صحيحة والتي تدل على وجود قيم حقيقية للفوتون قبل عملية القياس، فإن المتراجحة التالية يجب أن تكون صحيحة

$$n[X^+, Y^+] \leq n[X^+, Z^+] + n[Y^+, Z^-] \qquad (2)$$

هذه هي متراجحة بيل، وإذا ما ثبت تجريبياً صحتها فإن النظرية الكوانتية تكون ناقصة وهذا انتصار للتيار العقلي الذي يقوده آينشتاين. ولكن إذا ما ثبت أنها غير صحيحة، فإن النظرية الكوانتية تكون صحيحة وأن مدرسة كوبنهاغن بقيادة بور قد حققت النصر.

والآن لنستخدم الرموز التالية $p[X^\pm, Y^\pm], p[Y^\pm, Z^\pm], p[X^\pm, X^\pm]$, للدلالة على احتمالية قياس زوجين من الفوتونات على المحاور الثلاثة وكذا احتمالية أن يكون القياس للفوتونين على هذه المحاور موجباً (الدوران المغزلي للأعلى) أو سالباً (الدوران المغزلي للأسفل). ونحن بحسب النظرية الكوانتية لا نستطيع أن نقيس الدوران المغزلي على المحور X وعلى المحور Y أو Z للفوتون نفسه. من هنا تأتي متراجحات بيل لتبرهن على أنه إذا كانت المعادلة (1) صحيحة والتي تدل على وجود قيم حقيقية للفوتون قبل علمية القياس، فإن المتراجحات التالية[1] يجب أن تكون صحيحة

$$\begin{aligned} p[X^+, Y^+] &\leq p[X^+, Z^+] + p[Y^+, Z^-] \\ p[Z^+, X^-] &\leq p[Z^+, Y^-] + p[X^-, Y^+] \\ p[Y^-, Z^+] &\leq p[Y^-, X^+] + p[Z^+, X^-] \\ p[Y^-, X^+] &\leq p[Y^-, Z^-] + p[X^+, Z^+] \end{aligned} \qquad (3)$$

(1) Mittelstaedt, *«The Interpretation of Quantum Mechanics and the Measurement Process»*, Cambridge University Press, 1998, p. 98 - 100.

التأثير الشبحي The Spooky Action

لنعد إلى المتناقضة التي أثارها آينشتاين ليدلل على أن العالم له واقعية واحدة وأن هذه الواقعية ليست مرتبطة بوجود الإنسان وأدواته التي يستخدمها في عملية القياس. العالم واحد ومتوحد في قوانينه، وعدم مقدرتنا على الوصول إلى هذه الواقعية بشكل كامل لا يعني أنها غير موجودة.

المتناقضة التي كانت تحدياً حقيقياً واجه أقطاب مدرسة كوبنهاغن، استمر الاهتمام بها حتى نهاية القرن العشرين ومن المؤكد أن الاهتمام سيتواصل ما دامت المسألة غير محسومة، فهناك شعور بعدم الرضا والإشباع. فلا يزال التياران يسيران بشكل متواز، فأحدهما يقدم تصوره العقلي للعالم، والآخر يرفض التصور العقلي ويؤمن بما تحققه التجارب من نتائج وإن كانت لا تتفق مع أوليات التفكير.

لقد كان محور اهتمام التجارب السابقة هو في البحث عن التموضعية وعن صحة أو خطأ متراجحة بيل، فعند انحلال جسيم ذري إلى جسيمين أو لنقل إلكترونين يسافر كل منهما في الاتجاه المعاكس، فهل يمكن لمثل هذين الإلكترونين الاتصال والتأثير المتبادل مع بعضهما البعض وإن كانت المسافة الفاصلة بينهما كبيرة جداً تعد بملايين الأميال مثلاً؟ أو أن هناك انفصالاً تاماً بحيث ما يحدث لأحدهما نتيجة لتدخل أدوات القياس لا يؤثر على الآخر الموجود في الطرف المعاكس. من هنا كانت التجربة المثيرة للجدل والتي تعد أهم التجارب العلمية في عصرنا محاولة للكشف عن واقعية أعمق ترتبط فيها كل أجزاء الكون برباط واحد بحيث يصبح الكون وحدة حقيقية، فما يحدث في طرف العالم ينعكس بالضرورة على الطرف الآخر. العام 1982، والمكان جامعة باريس والرجل الذي كان وراء التجربة هو الفيزيائي آلين أسبيكت Alian Aspect والتجربة جاءت لتكشف عن إلكترونين يمكن لهما الاتصال والتأثير على بعضهما بشكل لحظي في الزمان والمكان مهما كانت المسافة التي تفصلهما، فكل منهما يعرف تماماً ماذا يحدث للآخر، إنه التأثير المسمى بالشبح وسمّي كذلك لأنه ينتقل بسرعة أكبر من سرعة الضوء[1]! قبل 60

---

(1) John Gribbin, *Shrodinger's Kittens and the Search for Reality*, Back Bay Books, 1995, p. 23-25.

سنة حاول آينشتاين أن يبيّن أن التأثير الشبحي عبر المسافات الكبيرة غير صحيح، وأن هذا أحد عيوب النظرية الكوانتية، فهذا الاتصال الشبحي يتعارض مع النظرية النسبية التي تعتبر سرعة الضوء السرعة المطلقة في الكون ولكن النتائج الحديثة جاءت مساندة للنظرية الكوانتية، فإن زوجين من الجسيمات يمكن أن يرتبطا في نظام متشابك بحيث تكون خصائص أحدهما من الموقع والدوران مثلاً مترابطة بصورة طبيعية مع خصائص الجسيم الآخر، فتغيير الدوران المغزلي لأحدهما بتأثير أدوات القياس، فإن الجسيم الآخر يعرف ما حدث ويقوم بتغيير دورانه المغزلي بشكل لحظي وهذا يخالف القانون الكوني الذي وضعه آينشتاين من أنه لا يوجود شيء مادي أسرع من الضوء!

في يوليو عام 1997 الفيزيائي نيكولاس جيسين Nicolas Gisin وفريق من العلماء قاموا بتجربة في جامعة جينيفا، والنتيجة أن زوجاً من الفوتونات يرتبطان برباط غامض، ذلك لأن التجربة لم تجد إشارة يمكن أن تنتقل من أحدهما إلى الآخر والنتيجة أن هذين الزوجين يتصلان بطريقة مبهمة. فعالم الكوانتا محكوم بواقعية مختلفة، فإذا كان عالم العين المجردة تحكمه العلاقات المتوضعة ذات التأثير الذي لا يتجاوز سرعة الضوء، فإن العالم الكوانتي عالم تحكمه العلاقات غير المتموضعة ذات التأثير الشبحي.

هذه التجارب، وإن كانت في بدايتها تزيح الستار عن واقعية متداخلة ومعقدة في عمق العالم، غير منظورة يعرف فيها كل جزء ما يحدث للجزء الآخر وبناءً على هذه المعرفة تنظم أجزاء الكون.

ولكن السؤال هل هناك فعلاً شيء ما ينتقل كالشبح بسرعة أكبر من سرعة الضوء ليخبر الجسيم الآخر بما حدث للجسيم الأول أو أن المعلومات لا تنتقل بالتأثير الشبحي بل هي دائماً موجودة في المكانين في الوقت نفسه. مما يعني أن الجسيم تتولد عنده معرفة ذاتية بما يحدث للجسيم الآخر، معرفة تعكس الوحدة المصيرية لكل نظام الكون. إن التأثير الشبحي هو اعتراف بعجز العلم عن فهم كيفية التواصل الذي يتم بين هذين الجسيمين، وما الذي ينقل مثل هذا الاتصال، وإذا ما حاولنا التوفيق بين النظرية النسبية والاتصال الذي يعبر الملايين من الأميال ليغير من سلوك الجسيم أو الفوتون في الوقت ذاته الذي نتدخل فيه لنؤثر على سلوك الجسيم

أو الفوتون الآخر فليس لنا إلاً أن نبحث عن مرتبة أعمق من الواقع يتاح فيها للإلكترون بالاطلاع على محيطه أو الإيمان بسبب خارجي غير طبيعي يدير العالم وبالتالي يخطط للجسيم كيف يتصرف.

قدم الفيزيائي ديفيد بوهم David Bohm مثالاً يقترب من المشكلة ويساعد على توضيح فكرة التأثير الشبحي في عالم الجسيمات الذرية. إنه يصوّر في قياسه التمثيلي الأمر بحوض يحتوي على سمكة واحدة. ونحن نحاول أن نصور السمكة ولكن يوجد لدينا كاميرتان للتصوير، إحداهما وضعت لتصور الجانب الأمامي من السمكة وأخرى وضعت لتصور أحد جانبي السمكة. ولنفترض أننا لا نعلم مسبقاً بما في الحوض وأننا لا نستطيع التعرف على ما بداخله إلاً من خلال هاتين الكاميرتين. والآن باستخدام الكاميرتين سوف نلحظ أننا نشاهد سمكتين من زاوية مختلفة، وإذا ما تحركت إحدى السمكتين سنلاحظ في الوقت نفسه أن السمكة الأخرى تحركت ومن الطبيعي أن نفترض حينئذ أن هناك ترابطاً بينهما، وأنه لا بد أن يكون هناك إشارة تسافر بسرعة عالية بينهما. والواقع أنه لا توجد إشارة أو أي اتصال بينهما والحوض لا يوجد فيه غير سمكة واحدة[1]. وإذا ما وجد عدد من الكاميرات تستطيع أن تصور لنا الحوض من زوايا مختلفة لتنقل لنا الصورة كاملة فإننا سنبصر الواقع بطريقة مختلفة. إن العالم بنظر ديفيد هيوم عالم يتمتع بوحدة حقيقية غير مرئية تختفي وراء ما نشاهده من تنوع وتعدد في الخارج.

ديفيد بوهم ووحدة الوجود المادي

ظل الإنسان يتساءل منذ فجر الفلسفة الأول عما هو الأصل المادي الطبيعي لهذا العالم؟ ما هو هذا الأصل الذي يشكل النواة التي ينبثق عنها كل ما في عالم الطبيعة من مظاهر التعدد والتنوع؟

ظلّت مثل هذه التساؤلات تؤرق الفكر البشري منذ بدايات التفلسف وحتى اليوم. ومثل هذه التساؤلات والمحاولات الفلسفية والعلمية للإجابة عنها تكشف عن الاتجاه التوحيدي في الفكر الإنساني بمفهومه الطبيعي والديني. إن هذا الاتجاه

---

(1) David Bohm, *Wholeness and Implicate Order*, Routledge, 1995, p. 187.

الفكري يصور لنا الطموح الغريزي البشري الذي لا يتوقف عند إثبات الوحدة على المستوى الطبيعي، بل يتحرك إلى الأمام أكثر نحو الوحدة الشاملة المطلقة التي ترجع العوالم إلى المبدأ الأول التي صدرت عنه. إنه طموح المشاعر والوجدان الذي يتحرك في النفس نحو الخالق الذي منحها الوجود. إن الوحدة المادية للعالم سواء صحت أم لم تصح على الصعيد الفلسفي والعلمي، فإن ذلك لا يتعارض مع الإيمان بالمبدأ الإلهي. فعندما يبحث الفيلسوف عن المصدر المادي للعالم فإن ذلك لا يستلزم بالضرورة نفي المبدأ الإلهي الذي أخرج هذه المادة الأولية من العدم إلى الوجود. ولو افترضنا أن العالم بكل ظواهره وجواهره المادية يعود إلى نوع من المادة الأولية يمكن أن يتوقف العقل الفلسفي من أن يتساءل عن السبب الذي أوجد هذه المادة وهل يمكن له أن يكف عن التساؤل عن المصدر الذي أفاض عليها الحركة، لأن الحركة الأولى تحتاج إلى محرك ثابت غير متحرك يمنح الأشياء الحركة (قد يتعارض هذا المبدأ الفلسفي مع قانون نيوتن الأول الذي ينفي احتياج الحركة غير المتسارعة والمستقيمة للأشياء إلى سبب خارجي لكننا نقول إن مثل هذه الحركة غير موجودة في عالم الطبيعة!).

إذن فالعقل بعيداً عن المنهج العلمي الحديث حاول أن يبحث عن الأصل الذي تندمج فيه كل مفردات العالم في وحدة وجودية مادية واحدة. يكاد الفلاسفة اليونانيون الذين بحثوا في هذا الاتجاه أن يجمعوا على وجود أصل طبيعي واحد فيه تجتمع كل الأشياء وعنه تنبثق، ولكنهم اختلفوا في تحديد هوية هذا الأصل المادي. لقد أرجع طاليس الأصل الطبيعي الأحادي للعالم إلى الماء معتبراً إياه المادة الوحيدة المكونة للطبيعة وأصل الحياة والوجود. يتفق الانكسمندرس مع طاليس في أن المادة هي أصل العالم لكنه يرفض أن يكون الماء هو هذه المادة. إن الانكسمندرس يرى أن جوهراً مادياً لانهائياً بلا حدود ولا شكل يمتد إلى ما لا نهاية في المكان، أطلق عليه اسم الأيبرون، هو الذي صدر عنه هذا الكون. أما انكسمانس فيرجع الأصل الأحادي للعالم إلى الهواء. إن أشياء كثيرة ومتنوعة كما يرى انكسمانس يمكن أن تتشكل عندما ينقبض (يتكثف) الهواء أو عندما ينبسط (يتخلخل). ويرجع فيثاغورس هذا الأصل إلى العدد باعتبار أن العالم قائم على الانسجام والتناغم في كل حركاته، وهذا الانسجام والتناغم يلزم أن يأتي بترتيب

وتتابع معين، وبالتالي فإن كل حركة أو نغمة كونية يكون لها موقع في سلم الأعداد، لأن الأعداد لها نظامها القائم على التتابع. ولما كان العالم يتحرك بشكل متناغم وعددي، فإن العدد يشكّل أصل هذا العالم. إن معرفة العالم تتطلب معرفة الأعداد التي تحكمه والعلاقات الرياضية التي يتحرك بموجبها[1]. كان ديمقريطيس الفيلسوف الذي أعطى التصور الأقرب للعلم الحديث عندما أرجع أصل العالم إلى وحدات مادية صغيرة غير قابلة للانقسام أطلق عليها اسم ذرات atoms وإلى الخلاء. فالعالم بنظر ديمقريطيس يتشكل من هذه الذرات التي تسبح في الفراغ.

لقد سقطت كل تكهنات الفلاسفة، التي كانت أشبه بالرومانسيات الحالمة أكثر من كونها حقائق يدعمها الدليل الفلسفي الذي يتصف بالقطعية نفياً وإثباتاً دون أن يترك فراغاً يمكن أن تتحرك فيه الاحتمالات الأخرى. إن كل تلك الافتراضات قامت على ترجيح بعض المواد على بعضها الآخر ولكن لم يملك أحد الدليل على أن الافتراض الآخر ليس صحيحاً. ثم إن التعرف على مكونات هوية العنصر المادي مسألة تقع على عاتق العلوم. أما الفلسفة، كان يجب أن تتجه للبحث عن إمكانية أن يشع الأصل المادي الواحد كل هذا التنوع والاختلاف في عالم الطبيعة دون الحاجة إلى أن تبحث عن ماهوية ومكونات وخصائص هذا الأصل. وإذ هي ـ الفلسفة ـ تحركت لتشخيص الموضوع دون أن تتوجه للبحث في قابلية هذا الموضوع لتحقق في العالم الخارجي من عدمه، فإنها تكون قد تحركت في الطريق الخاطئ لأنها استخدمت منهجها لموضوع لا يدخل في نطاق موضوعاتها بل يقع ضمن دائرة البحث المختبري التحليلي، ولهذا السبب جاءت كل تكهنات الفلاسفة القدامى خاطئة كما ثبت ذلك من خلال التحقيق العلمي الحديث.

وما دامت العلوم هي المسؤولة عن تحديد هوية هذا الأصل المادي فماذا قدمت لنا من جواب؟ لا تملك العلوم في الوقت الراهن الجواب النهائي والحاسم لمثل هذه المسألة التي تمثل طموحاً فكرياً إنسانياً ولكنها بالتأكيد اقتربت كثيراً من الهدف. إن نظرية الخيوط supper string theory التي هي مدار البحث العلمي

---

(1) الدكتور علي الشامي، الفلسفة والإنسان، جدلية العلاقة بين الفكر والوجود، دار الإنسانية، الطبعة الأولى 1991، ص 106 ـ 119.

يمكن أن تقدم لنا التصور ولعله ليس النهائي عن هذا الأصل الأحادي الذي أرق الفكر الإنساني منذ زمن بعيد.

أعطت بعض التجارب التي كانت تمثل محاولات العلماء للتحقيق في مسألة الواقعية الكوانتية بعض الدلالات التي قد نستوحي منها وحدة وجودية قائمة على المستوى الذري. التقط البعض مثل هذه الدلالات ليعطي تصوره الرياضي والفلسفي عن هذه الوحدة. كان ديفيد بوهم أحد أبرز العلماء الذين قضوا جانباً كبيراً من حياتهم العلمية في البحث عن تفسير رياضي وفلسفي للنظرية الكوانتية محاولاً بكل جهده العلمي وتأملاته الفلسفية أن يستعيد النظرية إلى الواقع الكلاسيكي ويخرجها من منطقها الاحتمالي المطلق إلى المنطق السببي المنسجم مع الرؤية الكلاسيكية للعالم. كانت التجارب كلها تؤكد على أن التأثير في المستوى الذري يتخذ طابع اللاتموضعي non-local، ينتج عن ذلك أن التأثير ينتقل بشكل لحظي وبسرعة تفوق سرعة الضوء وهذا يتعارض مع النظرية النسبية. فهل من الممكن أن نسقط النظرية النسبية التي حققت الكثير من الإنجازات؟ فكيف يمكن إذن أن نلتمس طريقاً يوفق بين هاتين النظريتين المتعارضتين في كل أفكارهما الرئيسية عن العالم؟

ديفيد بوهم ومن خلال بحثه الذي كرّس له حياته حاول أن يقدم حلاً توفيقياً يحتفظ في هذا الحل بكلاسيكية الواقع الذري، من كونه واقعاً لا يتناقض مع أفكارنا الفطرية من حيث إن هذه الكينونات الدقيقة موجودة على نحو الاستقلال وأن هذا الواقع كما العالم الكبير المحسوس يحكمه المنطق السببي وليس العشوائية التي يمكن من خلالها أن تتكون الحوادث الذرية بدون أدنى سبب، وكذلك فإن هذه الواقعية لا تتعارض مع النظرية النسبية في أحد أركانها الأساسية المتمثلة باعتبار أن للضوء سرعة مطلقة، لكنه في الوقت نفسه يضيف بعداً جديداً لهذه الواقعية، وهي أن الجسيمات الذرية يتاح لها فرصة الاطلاع على بيئتها الذرية من خلال ما يسميه بالجهد الكوانتي quantum potential. هذا الجهد الكوانتي هو ما يجعل هذا العالم الصغير قائماً على الترابط والاتصالية interconnectedness[1]. في العام

---

(1) Andrew Whitaker, *Einstein, Bohr and The Quantum Dilemma,* Cambridge University Press, 1996, p. 248 - 250.

1952 استطاع أن يجد تصوره الكلاسيكي للجسيمات الدقيقة (هذا التصور الذي يقوم على اعتبار أن هذه الجسيمات تحمل خصائص الجسم العادي نفسه ولكن مع فارق رئيسي واحد وهو أن لها إحاطة تامّة بالبيئة) ببناء نموذج رياضي تنعكس فيه هذه الكلاسيكية ولكنه يحقق النتائج نفسها التي تحققها النظرية الكوانتية. لقد بدأ ديفيد بوهم من معادلة شرودينغر حيث تمكّن من تقسيم المعادلة إلى جزئين. الجزء الأول يمثّل الجانب الكلاسيكي الذي يرى في الإلكترون جسماً عادياً في خصائصه الثابتة والمتغيّرة، والجزء الثاني يمثل الجانب غير الكلاسيكي والذي أسماه بالجهد الكوانتي وهو المسؤول عن اللاتموضعية وعن الغموض الذي لف النظرية الكوانتية. ومن هذا الجهد الكوانتي نستطيع أن نفسر كيف يتصرف الإلكترون في تجربة الشقين.

يرى ديفيد بوهم أن الجسيمات الذرية جسيمات ليست بسيطة بل هي معقدة البناء، تتحرك بفعل القوى المعروفة كلاسيكياً في طرق محددة وبكميات حركية محددة قبل عملية القياس، لكنها أيضاً تتحرك بفعل قوة غريبة تنتشر في كل الفضاء أسماها الجهد الكوانتي quantum potential حيث تقدم لها مثل هذه القوة المعلومات الكاملة عن البيئة. وبالتالي فإن هذه القوة هي المسؤولة عن الترابط بين كافة الأنظمة الكوانتية. وقد شبه ديفيد بوهم الجهد الكوانتي الذي يقود حركة الجسيم بالرادار الذي يوجه حركة السفينة أو الطائرة وذلك بتزويدها بالمعلومات عن المنطقة التي تتحرك فيها. وفي العام 1959 تمكّن ديفيد بوهم أن يثبت عملياً هذه الاتصالية في النظام الكوانتي عندما اكتشف هو وتلميذه الباحث ياكير أهرنوف Yakir Aharnov أن الإلكترون له القدرة على أن يستشعر وجود مجال مغناطيسي قريب منه عندما يتحرك في منطقة يكون فيها قوة المجال صفراً، وقد عرفت هذه الظاهر باسم تأثير أهرنوف ـ بوهم Aharnov-Bohm effect. وفي العام 1982 جاءت تجربة آلين أسبيكت لتؤكد هذه الاتصالية interconnectedness في النظام الكوانتي، وإن كانت هذه التجربة ذات دلالة على بطلان العوامل الخفية التي اقترحها آينشتاين (وإن كانت لا تشكل نهاية لهذه الفرضية) والتي كانت تمثل الحصن الأخير لهؤلاء الذين يرفضون التفسير الكوبنهاغني للواقعية الكوانتية، لكنها بالتأكيد كانت أحد الدلائل التي تقترب من تصور ديفيد بوهم لهذه الواقعية. إن فرضية

العوامل الخفية التي يمكن أن نعتبرها حالة من التواضع العلمي التي تجعل الاحتمال بوجود عوامل ليس في قدرة النموذج الكوانتي تحديدها مما يجعلنا ننطلق في البحث المستمر لبناء نموذج بديل. وفي مقابل هذا التواضع توجد حالة من الغرور العلمي تجعل من النظرية الكوانتية الشكل النهائي والمطلق في فهم الظواهر الذرية وإن كان هذا الشكل على حساب العقل. وانطلاقاً من هذا الفراغ الذي تتركه فرضية العوامل الخفية تحرك ديفيد بوهم لصنع نموذجه البديل.

استغرق ديفيد بوهم في الستينات من القرن العشرين في فكرة النظام الكلي غير القابل للإنقسام undivided wholeness. حاول ديفيد بوهم وبوحي من فكرة الجهد الكوانتي أن يخرج من قفص الحس ويغوص بفكره وتأملاته في عمق هذا العالم ليصل إلى النبع الذي يتدفق منه الوجود بكل ما يزخر به من تنوع واختلاف. وقد وجد أن هذا العالم يستمد كل تنوعه واختلافاته من واقعية في أعماقه كلية implicate order or enfolded order ومتعددة الأبعاد multi-dimensional reality (عالمنا المحدود بأبعاده الثلاثة يمثل حالة خاصة لهذه الواقعية) يترشح منها هذا الواقع explicate order وتغيب فيها كل ما يمكن أن نعتبره فرقاً بين الأشياء. ففي هذه المرتبة من الوجود يذوب الفرق بين الفكر والمادة وبين الحي والجامد - إنها واقعية بارمنيدس وزينون، واقعية الامتلاء غير القابلة للتجزئة - يقول ديفيد بوهم «we begin by proposing that in some sense, consciousness (which we take to include thought, feeling, desire, will, etc) is to be comprehended in terms of the implicate order, along with reality as a whole. That is to say, we are suggesting that the implicate order applies both to matter (living and non-living) and to consciousness, and it can therefore make possible an understanding of the general relationship of these two, from which we may be able to come to some notion of a common ground of both»[1]. ويرى ديفيد بوهم أن ميلنا الطبيعي لتجزئة الأشياء وتجاهلنا للوحدة القائمة بينها هو المسؤول عن المشاكل التي تواجهنا في العلوم والسياسة والاجتماع[2]. وهكذا تحرك ديفيد بوهم من الحس

---

(1) David Bohm, *Wholeness and The Implicate Order*, Routledge, 1995, p. 196.

(2) المصدر نفسه، ص xi.

الذي ينقل إلينا صورة العالم المتعدد المختلف إلى تجريد الواقع من كل اختلافاته الظاهرية في واقعية عليا ليس في مقدورنا إدراكها لأنها في أبعاد كثيرة ونحن محكومون في سجن الطبيعة ذات الأبعاد الثلاثة. قد يبدو محيراً للعالم في الطبيعيات مثل ديفيد بوهم أن ينطلق من إشكاليات الواقع الكوانتي المنبعثة من روح التجربة إلى واقعية في عمق العالم تربط كافة أجزائه في نظام كلي غير قابل للقياس. فهل يكون ديفيد بوهم قد حطّم الحاجز الذي يفصل بين الطبيعة وما وراءها؟ وهل لنا أن نقول إن ديفيد بوهم نظر إلى العالم بعينين، عين العلم وعين الفلسفة؟ عين تفتح له أسرار الكون المادي وأخرى تفتح له أسرار العالم المجرد وتفسر صلته بعالمنا؟ ومن هاتين النظرتين تتكامل كل من العلوم والفلسفة ويبدو العالم أكثر انسجاماً وروعة. لقد بدأ ديفيد بوهم عالماً وانتهى كفيلسوف. لا يمكن للإنسان العالم أن يعزل نفسه عن الإنسان الفيلسوف الذي بداخله. العالم والفيلسوف كلاهما إنسان، تعكس عالميته طينته التي هي امتداد للطبيعة وتعكس فلسفيته جوهره الإنساني التي تنتمي إلى عالم آخر ـ لا مادي ـ. ومن هذه الطبيعة البشرية الثنائية يتكامل الإنسان العالم والإنسان الفيلسوف؛ ومن هذا التكامل المعرفي تتبلور ملامح الصورة الكلية للعالم.

انطلق ديفيد بوهم من أفكاره الفطرية عن العالم غير مبهور بما حققته النظرية الكوانتية ليعالج مسألة الواقعية والعشوائية في النظرية الكوانتية التي أطاحت بالعقل لصالح التجربة. ومن وحي دفاعه المستميت عن دور العقل في فهم العالم وظواهره المختلفة توصل إلى أن العشوائية التي تبرزها التجارب في الحقل الذري لا تعدو أن تكون حالة خاصة لواقعية في العمق قائمة على السببية. لقد انقدحت في وعيه فكرة الوحدة الكونية التي يمتزج فيها المادي والروحي عندما أثارت اهتمامه تجربة تتكون من أسطوانتين من الزجاج نصف قطر إحداهما أصغر من الأخرى وتمرر إحداهما في الأخرى ويملأ الفضاء بين الأسطوانتين بمادة الجلسيرين وهو سائل عالي الكثافة. وإذا وضعنا نقطة من الحبر في الجلسيرين، وأدرنا الأسطوانة الخارجية، فإن النقطة تتحول إلى خيط رقيق ويستمر في الترقرق حتى يختفي فيها عن النظر. ثم إذا أدرنا الاسطوانة في الجهة المعاكسة، فإن هذا الخيط الرقيق جداً يظهر من جديد ويتحول إلى نقطة الحبر. ومن وحي هذا الظهور والاختفاء لنقطة الحبر صاغ

تصوره للواقع. فعندما تتحول جسيمات نقطة الحبر إلى الخيط الرقيق فإنها بتعبيره تكون قد طويت enfolded في الجلسيرين، وعندما تتحول إلى نقطة من جديد تكون قد ظهرت للعيان unfolded. ولو قمنا بوضع نقطة من الحبر وأدرنا الأسطوانة الخارجية حتى تتمدد كالخيط الرقيق أو حتى تطوى في الجلسيرين ثم وضعنا نقطة ثانية بجانب موضع النقطة الأولى وأدرنا الأسطوانة حتى تطوى في الجلسيرين ووضعنا نقطة ثالثة بجانب النقطة الثانية حتى تطوى هذه أيضاً في الجلسيرين، ولو كررنا العملية لعدد من النقاط نضعها بجانب بعضها البعض ونذير الأسطوانة في كل مرة حتى تطوى النقاط في الجلسيرين. وعندما نقوم بتحريك الأسطوانة في الاتجاه المعاكس فإننا سنشاهد أن النقطة الأخيرة تظهر أولاً وإذا حركنا الأسطوانة لدورة أخرى في الاتجاه نفسه، فإن النقطة ما قبل الأخيرة تظهر إلى جانبها وهكذا حتى تظهر النقاط بالترتيب التنازلي. ولو فعلنا الأمر بشكل سريع سيظهر لنا أن نقطة حبر واحدة تتحرك. وهذا يعني أن الحركة قبل أن نعكس دوران الأسطوانة كانت مطوية enfolded في الزمان والمكان في الجلسيرين. وعندما عكسنا دوران الأسطوانة فإن الحركة تظهر للعيان unfolded في الزمان والمكان[1]. فالواقع المحسوس الـ explicate order (الزمان، المكان، المادة، الفكر، الأحياء، الجوامد) كله مطوي في واقعية كبرى الـ implicate order.

يفترض ديفيد بوهم وجود جهد كوانتي أعلى superimplicate order يتحكم بالجهد الكوانتي أي بالمجال المنتشر في الفضاء وهو المسؤول عن إدراكنا الحسي للجسيمات وللقفزات الكوانتية. في الجهد الكوانتي نفترض وجود جسيم يتحرك تحت تأثير هذا الجهد. أما في الجهد الكوانتي الأعلى، فإن هذا الجسيم لا وجود له لأن ما يبدو لإحساسنا أنه جسيم مستقل هو في الحقيقة نتيجة تأثير هذا الجهد العلوي على المجال. فالجسيم في هذه الواقعية a second implicate order or superimplicate order يعتبر ظاهرة ثانوية epiphenomon مصاحبة للتغيّرات المستمرة التي تحدث في المجال[2].

هل وصل ديفيد بوهم بافتراض واقعية عليا إلى نهاية المطاف؟ إن هذه الواقعية

(1) المصدر السابق، ص 179 ـ 180.
(2) المصدر السابق، ص 124، وص 183 ـ 185.

العليا يمكن أن تكون مطوية enfolded في واقعية أعلى منها. وهكذا فيمكن أن نفترض عدداً لانهائياً من الواقعيات eternal orders ومن الواقعية الأعلى تصدر التي أدنى منها وهكذا. لكن أليس مثل هذا التسلسل اللانهائي يتناقض مع افتراض واقعية كلية undivided wholeness باعتبارها تمثل الهدف النهائي للواقعية الطبيعية. ثم إن السلسلة اللانهائية لا تخرج واقعاً، فيجب أن تنقطع هذه السلسلة عند الواقعية التي هي مصدر الواقعيات. هذه الواقعية الكلية ليست ثابتة بل في تدفق حركي مستمر، ويسمي ديفيد بوهم هذه الحركة الهولوموفمنت holomovement. وهذه الكلمة مركبة من الهولو وهي مأخوذة من ظاهرة الهولوغرافي holography ومن كلمة موفمنت وتعني الحركة. فما الذي يقصده من وراء هذه التسمية؟

الهولوغرافي صورة تصنع باستخدام شعاع الليزر الذي ينقسم لدى مروره بمرآة نصف مطلية بالفضة إلى قسمين أحدهما يذهب إلى الجسم المراد تكوين صورته ثم ينعكس منه إلى اللوحة الفوتوغرافية والآخر يذهب اللوحة الفوتوغرافية مباشرة ويتداخل الشعاعان ويكونان صورة هولوغرافية للجسم وهي صورة ثلاثية الأبعاد. الرائع في موضوع هذه الصورة أنه عندما نقطع اللوح الفوتوغرافي الذي تكونت فيه الصورة إلى النصف مثلاً، فإننا لا نخسر نصف الصورة بل إن الصورة تظل محفوظة بكاملها في النصف الباقي من اللوح. ليس هذا فحسب بل إننا لو قمنا بتقطيع اللوح الفوتوغرافي إلى قطع صغيرة، فإن كل قطعة من اللوح تحتفظ بالصورة كاملة. صحيح أن الصورة ستكون مشوشة وغير واضحة لكنها بالكامل تكون موجودة. استوحى ديفيد بوهم من هذه الظاهرة فكرة وحدة العالم، فالجزء يختزن في داخله صورة الكل وهي بالتالي تأكيد لفكرة الترابطية والاتصالية بين أجزاء العالم. وينطلق ديفيد بوهم من هذه الظاهرة ليعتبر أن الكون هو حركة متدفقة من الهولوغرام أو الهولوموفمنت holomovent، فالهولو يعبّر عن صفة أساسية في الواقع شبيهة بالصورة الهولوغرافية والموفمنت تعبّر عن أن الكون في تدفق مستمر[1]. فكل جزء من أجزاء الكون تتوافر لديه كل المعلومات المتعلقة بالكون بأكمله، وكأنه أمام شاشة يرى ويسمع فيها ما يدور في هذا الكون حتى يتخذ وضعه المناسب ويتصرف

(1) المصدر السابق، ص 143 ـ 147.

بناءً على هذه المعلومات. لا أدري هل نوصم هذه الأفكار بالخيال العلمي أو الخرافة، لكن علينا أن ننتظر لنرى ما يخبىء لنا الزمان من مفاجآت هي في الحقيقة تفوق الخيال.

هذه بشكل موجز نظرة ديفيد بوهم لأزمة الواقعية في الفيزياء الكوانتية التي أضاع حياته في البحث عنها واستعادة صورتها الكلاسيكية!

الفصل السادس

أزمة الحتمية العلمية في الفيزياء الكوانتية

إحدى أهم المسائل التي كان لها النصيب الأوفر من الجدل العلمي ـ الفلسفي هي مسألة الحتمية العلمية Determinism. تقوم الحتمية العلمية على إمكانية التوقع الدقيق لمستقبل منظومة ما على ضوء معرفتنا بحالتها الراهنة. فيمكن لنا أن نحدد بدقة الموقع الذي سيكون عليه الجسم إذا عرفنا سرعته في لحظة ما. لكن بما أنه قد ثبت في الفيزياء الكوانتية استحالة مثل هذا التوقع الدقيق وذلك لأسباب تنبع من طبيعة المنظومات الكمية كما يؤكد ذلك كل من بور وهايزنبرغ، أقطاب مدرسة كوبنهاغن، فنحن لا نستطيع أن نتوقع على نحو دقيق للغاية الظواهر المستقبلية لمثل هذه المنظومات بسبب عدم قدرتنا على معرفة المعطيات الراهنة جميعها في آن واحد، الأمر الذي يجعل من التصور الكلاسيكي لمبدأ الحتمية العلمية ينهار ليحل محله الاحتمال. وإذا ما انهارت الحتمية العلمية، فإن العلاقة السببية التي تربط الأشياء بعضها ببعض تنهار أيضاً؛ لأن الحتمية، بحسب تصور مدرسة كوبنهاغن، هي تطور تاريخي لقانون السببية. قال هايزنبرغ «. . . أي العلة الفاعلة هي وحدها التي تعادل، تقريباً، ما نعنيه اليوم بكلمة سبب. . . بهذه الصيغة تحددت صيغة مفهوم السببية، وأصبح هذا المفهوم يعني في نهاية الأمر انتظار حصول حادث في الطبيعة بصورة محددة. . .»[1]. أصبحت السببية في عرف هايزنبرغ مساوقة للحتمية العلمية.

بينما يتمسك أصحاب المدرسة العقلية وعلى رأسهم آينشتاين ولو دوبروي

(1) الدكتور محمد عابد الجابري، **مدخل إلى فلسفة العلوم: العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي**، مركز دراسات الوحدة العربية، 1998، ص 402.

بقانون السببية Principle of Causality ويعزو آينشتاين عدم قدرتنا على تحديد الظواهر الذرية إلى برامترات خفية «hidden parameters or hidden variables» أو عوامل يستعصي علينا ملاحظتها أثناء التجربة. هذا العالم لا يمكن أن يخلق على العشوائية أو الاحتمالية كما يصور لنا ذلك آينشتاين في مقولته الشهيرة «god does not play dice». نعم الاحتمالية إذا كانت تعبِّر عن وجود واقعي حقيقي يتمتع بالاستقلالية عن الملاحظ بصرف النظر عن قدرتنا على معرفته فهذا مقبول. ويؤكد لو دوبروي أن اللاحتمية في الفيزياء الكوانتية لا تلغي السببية «وهكذا فبعض الكُتّاب يعتبرون مفهوم السببية أضيق من مفهوم الحتمية ويقولون، تبعاً لذلك، إن الحتمية ما تزال قائمة في الفيزياء الكوانتية أما السببية فلا. ونحن نرى العكس من ذلك، إن أقرب الآراء إلى طبيعة الأمور هو القول إنه لم تعد هناك حتمية في الفيزياء الكوانتية بالمعنى الذي حددنا به الحتمية من قبل، أما السببية فهي ما تزال قائمة فيها»[1].

إن مدرسة كوبنهاغن تقف من السببية الموقف ذاته من أية ظاهرة طبيعية، فمعرفتنا بقانون السببية يأتي نتيجة تراكم خبراتنا الحسية في عالم الطبيعة. بينما تقف المدرسة المناقضة لمدرسة كوبنهاغن من السببية موقفاً عقلياً قبلياً، ترى أن هذا القانون يعلو فوق الطبيعة ويحكم كل ما فيها من ظواهر أكان في مقدورنا الإحاطة التامة بها أم لم يكن. إن التفسير الميكانيكي الذي تقدمه مدرسة كوبنهاغن للسببية، باعتبارها رابطة مادية بين مختلف الظواهر الطبيعية يمكن فحصها بالوسائل العلمية، معرض للانهيار فيما لو فشلت التجربة في تحديد العلل والأسباب لظاهرة ما. وفي المقابل يبقى مبدأ السببية قائماً حاكماً على كل الظواهر الكونية لأنه ليس من إيحاء الطبيعة بل لكونه من المكونات الأصلية في العقل البشري. على أننا يجب أن نتنبه إلى ـ أن كون السببية تُعبِّر عن قانون متأصل في الفكر البشري ـ ليس يعني هذا أننا نكيف العلوم الطبيعية ضمن قوالب العقل الخاصة، الأمر الذي يجعل من إدراكاتنا للحقائق الطبيعية نسبية كما يزعم كانْت. بل إن هذه القوانين الأصلية هي انعكاس لما يحدث في عالم الطبيعة من قوانين علمية. فمعرفتنا بالواقع الطبيعي ليست

---

(1) المصدر السابق، ص 414.

تتكيف وفق التركيب الخاص للعقل البشري الذي يشكّل معرفتنا الحسية ضمن قوالبه الجاهزة ومساراته المحددة، الأمر الذي يجعل معرفتنا الحسية من صنع العقل ذاته وليست انعكاساً لواقع موضوعي. بل إن المعرفة الحسية تستند إلى إدراك حسي للعلاقات القائمة بين الأشياء وإدراك فطري ضروري لمبدأ السببية وكلاهما يعكس واقعاً موضوعياً.

النزعة اللاحتمية والاتجاه الوضعي البراغماتي لمدرسة كوبنهاغن

تذهب مدرسة كوبنهاغن التي يتزعمها بور Bohr والذي يعتبر هايزنبرغ أحد أبرز أقطابها إلى نفي الحتمية العلمية في الظواهر الكوانتية، فليس بالإمكان التوقع الدقيق لما سيحدث في المستقبل[1] من حوداث على المستوى الذري ما دام ليس في مقدورنا معرفة الظواهر الذرية بشكل كامل في الحالة الراهنة وفي وقت واحد. وتذهب هذه المدرسة إلى أنه ليس في مقدورنا في المستقبل استعادة هذا المبدأ لأن هذا العالم الميكروسكوبي قد وضع حدوداً لإمكانية معرفته، فهو عالم غريب بالنسبة إلى الطريقة التي اعتدنا أن نرى بها العالم، وأن معرفتنا به قائمة على الإحصاء والاحتمالات. إن مدرسة كوبنهاغن ترسم قدرنا إلى الأبد تجاه هذا العالم الصغير جداً. فما هي المبررات التي دعت هذه المدرسة إلى تبني هذا الاتجاه الوضعي المتطرف؟

تتميز الظواهر الكوانتية عن مثيلاتها في العالم الماكروسكوبي بأنها ذات طابع انفصالي مما يجعل القوانين الكوانتية تكتسي طابعاً إحصائياً. هذه الصبغة الإحصائية للقوانين الكوانتية تتناقض وقدرتنا على الاستشراف الجازم لما سيحدث للمنظومات

---

(1) قد يرد اعتراض على هذه النزعة المطلقة التي تقفل الباب أمام المعرفة الجازمة بمستقبل العالم الكوانتي وهو أنه هب أن هناك عقلاً مجرداً محضاً محيطاً بالمادة والطبيعة على المستوى الذري وما هو أدق من ذلك، وكانت لهذا العقل الكلي المجرد الإحاطة التامة لكل جوانب الوجود الكوانتي ولنفترضه مبدعاً لهذا الوجود الكوانتي جدلاً ـ أفلا يستطيع هذا العقل المحيط المجرد معرفة مستقبل هذا الوجود الكوانتي الدقيق فضلاً عن ماضيه وحاضره بصورة صحيحة. أما الدليل على وجود هذا العقل المجرد المحض يقع على عاتق البحث الفلسفي البحث بل يمكن بحسب الأسس المنطقية للاستقراء إثباته بالدليل الاستقرائي.

الكوانتية في المستقبل، ذلك لأن القوانين الإحصائية تدل على أن معرفتنا بالمنظومة موضوع الدرس ناقصة، وما دامت معرفتنا بالمنظومات الكوانتية ستظل على الدوام غير تامة كما أوضحت ذلك علاقة الارتياب أو عدم التحديد، وبالتالي فإنه لا مناص لنا من الاعتماد على الاحتمالات حتى نتمكن من التنبؤ بالحوادث التي تقع على المستوى الميكروسكوبي. إن الوصف الإحصائي يُعد ضرورياً وملازماً للفيزياء الكوانتية، فنحن لا نستطيع التعامل مع النشاط الإشعاعي إلاّ من خلال القوانين الإحصائية، لأننا لا نستطيع الإحاطة التامة بمثل هذه المنظومات أو بالسلوك الفردي لكل ذرة ذات نشاط إشعاعي. فكما أن درجة حرارة منظومة ما تعبّر عن معرفة ناقصة بتلك المنظومة، لأننا إذا أردنا المعرفة الدقيقة بدرجة الحرارة علينا الإحاطة التامة بحركة الجزئيات ومواقعها، الأمر الذي يكون مستحيلاً. وبالتالي، فإن الوصف الإحصائي لمثل هذه المنظومات أمر لا يمكن تجنبه أو استبعاده[1]. فعلى سبيل المثال إن الميكانيكا الكوانتية لا تستطيع أن تتنبأ بدقة باللحظة التي تغادر فيها جسيمات ألفا نواة عنصر مشع لكنها تستطيع أن تتنبأ في كل فترة زمنية باحتمال مغادرة مجموعة من جسيمات ألفا أنوية عدد معيّن من ذرات عنصر مشع كاليورانيوم مثلاً.

إذا كانت الحتمية العلمية ممتنعة عن التطبيق على المستوى الذري فما علاقة ذلك بالسببية؟ ما الذي يربط بين سقوط الحتمية العلمية وسقوط السببية في آن واحد؟

الإجابة عن مثل هذه التساؤلات قد تكون من عدة أوجه، ولكننا سنكتفي في هذه المرحلة باستعراض وجهة النظر لأبرز شخصيات مدرسة كوبنهاغن، هايزنبرغ. يرى هايزنبرغ أن السببية التي تعني أن لكل نتيجة سبباً، هذا الوصف نسبي فليست السببية بهذا المعنى تحمل دلالة حقيقية لما يحدث اليوم، إن التطور العلمي والتقني يفرض علينا تصور السببية بشكل مختلف. إن فهم الإنسان للعمليات التي تحدث بالطبيعة على مدى التاريخ البشري أخذ يؤطر مفهوم السببية في إطار يختلف عن

(1) المصدر السابق، ص 404 ـ 406.

التصور القديم، فقد أصبح هذا المفهوم يعني في نهاية المطاف إمكانية معرفة المستقبل لحادث ما في الطبيعة بناءً على معرفتنا بكامل ظروفه في الوقت الحاضر، وهو ما نعنيه بالضبط بالحتمية العلمية. وهذا يعني أن الحتمية العلمية هي تطور تاريخي متقدم لمفهوم السببية. إن تصور السببية بمعنى أن لكل نتيجة سبباً يمكن تطبيقه في السابق لكنه اليوم وفي ظلّ الواقع المتقدم الذي يعيشه الإنسان أصبح يعني القوانين العلمية التي تحدد بشكل دقيق ما يمكن أن تكون عليه حالة منظومة ما في المستقبل بناءً على معرفتنا بها في حالتها الراهنة. إن السببية عند هايزنبرغ ترتبط بظروف الفهم البشري للظواهر الطبيعية. فكلما تقدم فهم الإنسان للطبيعة، تطور معه مفهوم السببية حتى اتخذ في العصر الحديث شكل الحتمية العلمية. وعلى هذا فما دامت الحتمية العلمية ليست ذات معنى في الفيزياء الكوانتية، لأن معرفتنا الناقصة بالمنظومات الكوانتية تمثّل جزءاً أساسياً من النظرية الكوانتية، فإن السببية ـ التي يتصورها هايزنبرغ أضيق مفهوماً من الحتمية أو هي على الأكثر مساوية لها في العصر الحديث ـ ليست ذات معنى أيضاً.

القوانين الإحصائية ليست مقصورة على الظواهر الذرية بل إننا نحتاجها في حياتنا العملية، فنحن نستخدم الوصف الإحصائي على سبيل المثال لمعرفة معدل النمو السكاني في بلد ما ونرتب على إثر ذلك وضعنا الاقتصادي والصحي والتعليمي في المستقبل، ولكن الفارق بين الوصف الإحصائي على المستوى البشري وبين الوصف الإحصائي على المستوى الذري هو أنه يمكن لنا التنبؤ بالحوادث التي تقع على المستوى البشري بدقة عالية، لأن احتمالية القوانين الإحصائية مرتفعة جداً إلى درجة نستطيع أن نتعامل معها باعتبارها حوادث محددة من حيث الأسباب والنتائج. أما على المستوى الذري حيث كوانتوم الفعل، h، ذو أهمية كبيرة فإننا لا نستطيع التعامل مع هذه الظواهر على أساس الروابط التي تعطينا السبب المحدد وراء هذه الظاهرة أو تلك، إن قانون السببية لا يمكن الجمع بينه وبين الصور المتناقضة التي تمدنا بها التجارب عند دراسة هذه المنظومات الصغيرة جداً، إننا في وضع يشبه إلى حد ما الظواهر المتناقضة التي أوضحتها التجارب حول طبيعة الضوء. إن بور يؤكد أنه ليس بالإمكان الجمع بين السببية المطلقة

والتحديد الزماني والمكاني في وقت واحد. فتحديد موقع الجسيم في إطار الزمان والمكان يفقدنا القدرة على معرفة كمية حركته، وما دمنا نعجز عن المعرفة المؤكدة لحركة الجسيم في اللحظة الراهنة فإننا لن نتمكّن من معرفة مصيره المستقبلي. والسببية بوصفها المحددة للشكل الذي يكون عليه الواقع في المستقبل تفقد موضوعيتها عندما لا نتمكن من التحديد الدقيق لحركة الجسيم في الزمن الحاضر.

إننا لا نستطيع أن نحدد سبباً وراء النشاط الإشعاعي للذرات غير المستقرة وكذلك للقفزات الذرية الكوانتية التي تحدث عندما ينتقل إلكترون من مدار إلى آخر، كما أننا لا نجد طريقة نتمكّن من خلالها أن نحدد الزمن الذي تحدث فيه النشاطات الإشعاعية ولا تلك القفزات الكوانتية. إن التغيرات التي تتم على المستوى الذري تحدث بدون سببية محددة، صدفة، وعلى أساس إحصائي.

وإذا كان الواقع الكوانتي محكوماً بصور متناقضة فما هو الحل الذي يجمع بين مختلف هذه الصور؟ الحل كما يتصوره بور هو باعتماد المفهوم التكاملي complementarity وهو شكل من أشكال البراغماتية العلمية (هذا الوصف جاء على لسان جون بيل)[1] إذا جاز لنا هذا التعبير. يذهب بور إلى أنه يمكن أن نرفع كل هذه التناقضات التي تمدنا بها التجارب بأن نصبح انتقائيين حيث نختار المفاهيم والكميات الفيزيائية التي تنسجم مع معطيات التجارب رغم التناقض بينها. على أن من المهم أن ننظر إلى هذه الصور المختلفة لا بوصفها تناقضات بل بوصفها صوراً يكمل بعضها بعضاً. فمن الممكن النظر إلى الطبيعة الثنائية، الجسيمية والموجية، على أنهما مظهران يكمل كل واحد منهما الآخر مما يساعدنا على الحصول على الوصف الكوانتي الكامل. فيجوز لنا استخدام الطبيعة الجسيمية عندما تحتم علينا معطيات التجربة ذلك كما أنه يجوز العكس. بمعنى أننا نكيف النظرية بحسب معطيات التجارب بصرف النظر عما يجري في الحقيقة أو إن كانت هذه المعطيات تدل على وجود واقعي وحقيقي، لقد قال بور «There is no quantum world. There is only an abstract physical description. It is wrong to think

---

(1) Andrew Whitaker, *Einstein, Bohr and Quantum Dilemma*, Cambridge University Press, 1996, p. 182.

that the task of physics is to find out how nature is. Physics concerns «what can we say about nature»[1] وهو يقصد بذلك أنه ليس من مهمة الفيزياء البحث عن الطبيعة ذاتها بل إن الفيزياء تهتم بماذا نقول عن الطبيعة. ليس من المهم أن نعرف حقيقة ما يجري داخل هذه المنظومات الصغيرة والتي لا تقع في مدانا المنظور بل المهم هو أننا استطعنا أن نشكل القوالب الرياضية المختلفة التي تنسجم مع معطيات التجارب المختلفة، كل ما علينا هو أن نستخدم فقط القالب الرياضي المناسب للمعطى التجريبي الذي ينسجم معه. قال هايزنبرغ شارحاً تكاملية بور «. . . إن مختلف الصور الواضحة التي نعبِّر بواسطتها عن المنظومات الذرية ينفي بعضها بعضاً على الرغم من أنها تُعبِّر فعلاً عن معطيات بعض التجارب. وهكذا فمن الممكن مثلاً، النظر إلى ذرة بور بوصفها منظومة فلكية صغيرة: في وسطها نواة، وحول هذه النواة تدور إلكترونات، هذا في حين أن تجارب أخرى تدل على أنه ربما كان الأفضل اعتبار النواة محاطة بمنظومة من الأمواج الساكنة يتحكم تواترها في إشعاع الذرة. . . والنتيجة أن مختلف هذه الصور التي تتمثل بها الذرة صور صحيحة، ولكن شريطة استعمالها استعمالاً صحيحاً. ومع ذلك فهي صور يناقض بعضها بعضاً. وبالتالي نقول عنها أنها متكاملة»[2].

هذه نزعة براغماتية تنافي الروح العلمية حيث إنها تخدم النظرية أكثر مما تخدم الحقيقة العلمية. إن مدرسة كوبنهاغن ـ انطلاقاً من إيمانها المطلق بالعجز الكامل عن الإحاطة التامة بالمنظومات الذرية ـ تحاول أن تجمع بين المتناقضات في قالب تكاملي يؤكد التناقض ولا يصل بنا إلى الحقيقة التي ننشدها.

إن مدرسة كوبنهاغن تنظر إلى الواقع كالطيف المنفصل، فجزء من هذا الطيف يمثل الواقع الذي نعيشه والذي تنطبق عليه قوانين الفيزياء الكلاسيكية، والجزء الآخر من هذا الطيف يمثل عالماً غريباً عنا، يستحيل علينا فهمه ومعرفته بشكل دقيق، تتعطل فيه قوانين الفيزياء الكلاسيكية عن العمل ويضيع فيه الحد الفاصل بين

---

(1) المصدر نفسه، ص 185.

(2) الدكتور محمد عابد الجابري، **مدخل إلى فلسفة العلوم: العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي**، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الرابعة، 1998، ص 406.

المشاهِد (بكسر الهاء) وأدوات القياس والمشاهَد (بفتح الهاء) وتتوقف فيه السببية التي تعني أن سبباً محدداً يعطي نتيجة محددة وبالتالي لا يمكن لنا فهم المستقبل الذي سيكون عليه هذا الواقع.

المدرسة العقلية والتصور الكلاسيكي للعالم

لم تكن قبل العصر الكوانتي تدور تساؤلات حول طبيعة هدف العالم من دراسة الظواهر الطبيعية. فهل مهمته تقف عند دراسة الظاهرة الطبيعية وإيجاد القانون المناسب لها أو أن مهمته تمتد إلى فهم ما وراء هذه الظاهرة من واقع حقيقي؟ هل المشتغلون بالعلوم ظاهراتيون أي يقفون عند حدود فهم الظاهرة الطبيعية وإيجاد الآلة القانونية التي تتحكم بمختلف عناصرها تاركين البحث عن الحقيقة الواقعية (المادية) لأناس آخرين؟ هل يجب أن تكون الحقيقة الواقعية التي تفرز الظاهرة الطبيعية جزء من النظرية حتى يمكن أن نصف هذه النظرية بأنها كاملة، أم أننا نكتفي بمجرد أن تلبي مثل هذه النظرية أو غيرها المعطيات التجريبية؟ هل المراقب بوصفه الراصد للظاهرة الطبيعية يجب أن يكون جزءاً من الظاهرة التي يرصدها أم أنه يجب النظر إلى الظاهرة الطبيعية بشكل مستقل عن المراقب، وبالتالي يجب أن يكون جزءاً من النظرية التي تشرح هذه الظاهرة أو تلك؟ هل علينا أن نرى الطبيعة على أنها كل واحد تعكس جميع ظواهرها واقعاً موضوعياً واحداً أم أن الطبيعة ليست واقعاً واحداً بل واقعيات مختلفة بحسب الظاهرة التي ندرسها؟ هذه التساؤلات هي محور الصراع الذي استمر من عشرينات القرن العشرين ولا زال قائماً بين مدرسة كوبنهاغن والمدرسة العقلية.

المدرسة العقلية ترى الطبيعة بما تعج به من ظواهر نسقاً واحداً متجانساً تعبر مختلف ظواهره عن واقع موضوعي حقيقي واحد. قد يكون من الصعب علينا أن نفهم الواقع الكوانتي لكن ذلك لا يعني على الإطلاق أن واقعه يختلف عن الواقع الكلاسيكي الذي ألفناه. لم يكن آينشتاين طوال حياته ينظر إلى النظرية الكوانتية على أنها وصف مكتمل للواقع الكوانتي، ولم تكن تجربته الافتراضية الـ **EPR** إلاّ محاولة للكشف عن هذا النقص الذي تحتاجه النظرية حتى تعبِّر عن ذلك الواقع.

نعم قد تكون النظرية الكوانتية أعطت وصفاً للظاهرة الكوانتية لكنها لم تعالج الواقع بشكل كامل. إن هناك بعض العوامل التي لم تملك التجارب العلمية الكشف عنها هي التي تتحكم بالظواهر الذرية، فالنشط الإشعاعي للذرات لا يحدث على نحو الصدفة أو العشوائية، بل إن هناك عوامل تتحكم في ظاهرة النشاط الإشعاعي لم تتضح لنا. إن من مهمة العالم بحسب تصور هذه المدرسة أن لا يقف عند حدود الظاهرة بل عليه أن يفهم ماذا يحدث في الواقع الذي ينتج هذه الظاهرة أو تلك. إن العالم الذي لا يتعدى مرحلة فهم الظاهرة إلى الواقع الذي ينتجها يكون كمن يعرف الجواب ولكنه لا يعرف الطريق الذي ينتهي بنا إلى الإجابة. فليس من الروح العلمية أن نقدم الواقع بالشكل الذي يتلاءم مع نظريتنا في حالة عجزنا عن معرفته أو أن نقوم بالتشكيك في تصوراتنا العقلية الفطرية للعالم عندما لا نتمكن من أن نعكس الواقع في نظرياتنا بشكل كامل. النظرية الكوانتية بحسب وصف جون بيل ذات نزعة براغماتية صالحة لكل الأغراض العملية لكنها ليست تعبيراً عن الواقع.

إن المدرسة العقلية تنظر إلى الواقع الخارجي على أنه واقع يتمتع بالاستقلالية، ومن مهمتنا الكشف عن هذا الواقع كما هو. كان آينشتاين يوجه نقده للنظرية الكوانتية على أساس أنها جعلت من المشاهد أو لنقل هذا التفاعل الذي تحدثه أدوات القياس مع المنظومة الكوانتية جزءاً مهماً من تكوين النظرية، فقد قال[1]: «Physics is an attempt to grasp reality as it is thought independently of it being observed» وهو بهذا يعني أن الفيزياء هي محاولة لفهم الواقع كما هو، وهذا الفهم يجب أن لا تؤثر عليه مشاهداتنا. علينا عند دراستنا للموضوعات الطبيعية أن لا نعتبر أنفسنا جزءاً منه، أي علينا أن نلتزم جانب الحياد حتى نتمكن أن نفهم ما يجري على نحو الدقة.

لقد حددت مدرسة كوبنهاغن مستقبلنا مع الواقع الكوانتي، حين آمنت بعجزنا المطلق عن فهم هذا الواقع. فليس في مقدورنا مهما تطورت أجهزة القياس أن نفهم ذاك العالم، إن تفاعل آلة القياس مع المنظومة الكوانتية أمر لا يمكن استبعاده على

---

(1) المصدر السابق، ص 237.

الإطلاق، وهذا الذي يشل قدرتنا على فهم الواقع بشكل مستقل. قال بوهم Bohm بشأن هذا المصير الذي قررته مدرسة كوبنهاغن «It was not that Bohr denied reality, but he said quantum mechanics implied there was nothing more that could be said about it»[1]، فإن بوهم يرى أن المشكلة الرئيسية ليس في نفي بور للواقعية عن عالم الكوانتا ولكن تتمثل في أنه لا يوجد أكثر مما قيل بخصوص النظرية الكوانتية، أوليس هذا يتنافى تماماً مع روحية الباحث الذي يتحرى الحقيقة! إذ كيف يمكن لنا أن نعطي تصورنا النهائي لمستقبل فهمنا للواقع الكوانتي ونحن بين أيدينا الكثير من الشواهد التاريخية التي لا تقبل النقاش والجدال تدل على العكس، فكم من النظريات العلمية ظلّت مئات السنين مسلّماً بها كحقائق علمية ولكنها سقطت في النهاية، علينا أن نتعلم من التاريخ. وعلى العكس من هذه الروحية الممتلئة بالغرور، نرى آينشتاين يؤمن بأنه لا توجد نظرية نهائية على الإطلاق، لقد قال يوماً عن نظريته النسبية «It will have to yield to another one, for reasons which at present we do not yet surmise. I believe that the process of deepening the theory has no limits»[2]، فآينشتاين بما حصل عليه من مجد وشهرة ربما لم يحصل عليه أحد من قبل لا ينظر إلى نظريته النسبية على أنها حقيقة نهائية بل هو يقول إن نظرية أخرى قد تتولد منها، فليس هناك حد يوقفنا عن إنتاج نظريات أعمق وأشمل من النظريات السابقة.

لو دوبروي حاول أن ينقذ مبدأ الحتمية العلمية من مصيره النهائي الذي قررته له مدرسة كوبنهاغن، فقد قال «والخلاصة، أنه من الجائز التفكير في أن الفيزياء ستتمكن يوماً من العثور على الحتمية الدقيقة في المستوى الميكروسكوبي، تلك الحتمية التي أنتجتها دراسة العالم الماكروسكوبي، ولكن بالنظر إلى الحالة الراهنة لمعارفنا، فإن تقدماً من هذا النوع يبدو لي شخصياً احتمالاً ضعيفاً جداً»[3].

---

(1) John Horgan, *The End of Science*, Broadway Books, 1996, p. 86.

(2) المصدر السابق، ص 60.

(3) الدكتور محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم: العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الرابعة، 1998، ص 415.

وقبل أن نختم هذا الموضوع نرى من المهم استعراض رأي فاطاليف في نقد تكاملية بور التي يعتبرها امتداداً للفلسفة الظاهراتية وتأكيده للواقع الكوانتي «إن عملية القياس تمارس تأثيراً على حالة الموضوع الملاحظ وعلى خصائصه. وهذا شيء لوحظ أحياناً في الفيزياء الكلاسيكية ولكنه اكتسى أهمية أساسية في الفيزياء الذرية. وتنطلق فكرة التكاملية من أن هذا التأثير الذي يمارسه القياس على الموضوع الملاحظ غير قابل للمراقبة من الناحية المبدئية في ميدان الفيزياء الذرية. وإذا كان الأمر كذلك، فإن الميكانيكا لا تدرس إلاّ الظواهر التي تحدث حين الملاحظة والتي تسفر عنها عملية القياس. وإذن فهي لا تستطيع أن تقدم لنا أي معرفة بالموضوعات ولا عن الظواهر التي توجد مستقلة عنا خارج نطاق فعل الملاحظة. وفي هذه الحالة تصبح الميكانيكا الكوانتية علماً يقوم فقط على تنهيج المعطيات التي تقدمها طرق القياس، علماً تنحصر مهمته في تقدير نتائج القياسات المقبلة انطلاقاً من المعطيات التي أسفرت عنها القياسات السابقة، الشيء الذي يجعل من الميكانيكا الكوانتية علماً يتناول محاضر التجربة»[1].

السببية كمبدأ عقلي أولي فوق التجربة

ليس كل المعارف البشرية يتم الحصول عليها بالتعلم أو بأي طريق آخر بل بعضها موجود بشكل غريزي في الذات البشرية، فكما أن الطفل لدى ولادته يتوجه بشكل فطري نحو ثدي أمه ويتناول بمهارة دون سابق تعلم، فكذلك هذه المعارف تُولد مع الإنسان وهو مجهز بهذه القاعدة المعرفية الأولى والتي تشكّل النواة الأولى للعمل الفكري البشري. ومن هذه المعارف الأولية يبني الإنسان مختلف نظرياته العلمية الأخرى. المعارف البشرية جميعها بلا استثناء تحتاج إلى هذا الأساس المعرفي الأول الذي يوجد مع الإنسان بدون سابق تعلم أو اكتساب في كل تفاصيل وجزئيات البناء المعارفي. فهذه المعارف الأولية بمثابة الأساس الذي يحتاجه المبنى عند تشييده وبدونه ينهار. ومن أمثلة هذه المعارف الأولية، أن الإنسان يدرك بشكل بديهي أن الجزء أصغر من الكل، وأن النقيضان لا يجتمعان، وأن لكل نتيجة سبباً.

---

(1) المصدر نفسه، ص 449.

ونحن بطبيعة الحال لا نكتسب هذه المعارف من خلال تجربة ما بل نحن مزودون بها منذ البداية، هذه البداية التي تمثل الخطوات الأولى للرحلة الإنسانية الاستكشافية التي لا تتوقف ولن تتوقف لأن وجوده معجون بالعشق اللامتناهي للكمال المطلق.

قد يعترض البعض بالقول إن الإنسان يحتاج إلى اللغة ويحتاج إلى الرموز في تفكيره وهذه الرموز هي في معظمها مستوحاة من الطبيعة وأنه لا يستطيع أن يعمل فكره هكذا في الهواء. قد نتفق مع هؤلاء في أن اللغة والرموز بصفة عامة حاجة أساسية للفكر، ولنقل جدلاً أن اللغة تسبق الفكر لحسم الجدل الفلسفي فيمن يتقدم على الآخر الفكر أم اللغة. ولكن نحن عندما نقول إن هذه المعارف أولية قبلية إنما نقصد بذلك أنها موجودة في النفس بالقوة وتحتاج إلى مجموعة من الشروط حتى تكون موجودة بالفعل.

التجريبيون الذين ينظرون إلى التجربة على أنها الأساس لكل أنواع المعارف البشرية بلا استثناء، وأن الإنسان يُولَد بدون أن تكون لديه معرفة فطرية، وأن المعارف البشرية تبدأ مع حياة الإنسان العملية. إن المشكلة التي يقع فيها علماء الطبيعة، ومنهم أقطاب مدرسة كوبنهاغن والتيارات الوضعية في الفكر الحديث، أنهم يحاولون أن يكتشفوا مثل هذه المعارف الفطرية الأولية التي تمثل المادة الأساس للفكر البشري من خلال التجربة أو الواقع العملي وهذا خطأ فادح، إنهم بذلك كمن يدور في حلقة لا يستطيع الخروج منها. إننا عندما نود أن نبرهن على حقيقة من الحقائق بتجربة ما فإننا نفترض سلفاً أن هذا البرهان سيكون علة للعلم بتلك الحقيقة، فالسببية قائمة في تصورنا قبل إجراء أية تجربة لأنها مبدأ أعلى فوق التجربة. إن ما يحرك مشاعر البحث العلمي عندنا أننا نؤمن بشكل أولي أن هناك أسباباً معيَّنة لكل حادث، وما لم نؤمن بالسببية بوصفها علاقة وجود وضرورة لكل ما يجري في هذا العالم من حوادث، فإن الدليل الذي نستند إليه للكشف عن الحقائق يعد عبثاً. كذلك فإن من يحاول أن يكتشف حقيقة من الحقائق عبر التجربة العملية يفترض سلفاً أن ما يبحث عنه لن يكون بطبيعة الحال صواباً وخطأً في آن واحد، وهذه من أوليات المعارف البشرية حيث يقاد التصور البشري نحو الإيمان البديهي بأن النقيضين لا يمكن أن يجتمعا في الموضوع الواحد ذاته وفي الوقت نفسه. إذن

هذه المعرفة الأولية لمفهوم النقيضين لا يجتمعان تحتاجها جميع المعارف البشرية على اختلافها وإنه ما من وسيلة ما يمكننا من اختبارها لأنها ملتصقة بطبيعة تفكيرنا كالتصاق ذواتنا بذواتنا فهي نحن ونحن هي. فهل يمكن لهذا النوع من المعرفة أن يتطور أو يتعطل عن العمل لأن ظروف الواقع قد تغيّرت أو بحجة أن العصر الذي يعيشه الإنسان قد تطوّر بشكل لم يسبق له مثيل. إن التجربة ذاتها تؤكد أن الإنسان يبحث عن السبب المجهول وراء الظاهرة، والتجربة أداته لفهم السبب. فهو يربط بشكل أولي بين السبب والنتيجة، والتجربة بل والدليل العقلي أيضاً يؤكدان أن الإنسان يعي بشكل بديهي أولي أن هناك سبباً وراء كل نتيجة. فالسببية التي حاولت مدرسة كوبنهاغن أن تلغي فاعليتها لتضع الاحتمالية كبديل لفهم الظواهر الكوانتية إنما قادها ذلك لأنها تصورت أن السببية قانون مستوحى من الواقع العملي ومن تراكمات الخبرة[1] البشرية، فهو مرتبط بظروف التغيّرات العملية في الحياة البشرية، وهذا خطأ أيضاً فليس لنا أن نترك مثل هذه القاعدة الفكرية البديهية التي تحتاجها جميع المعارف البشرية بلا استثناء منزلة القانون العلمي الذي يكتشفه العلماء في مختبراتهم. إننا عندما نقوم بأي عملية فكرية فإننا في الوقت ذاته نحاول أن نصل إلى الأسباب التي تعطينا النتائج. إن من وضع الاحتمالية كبديل لقانون السببية قام في الوقت نفسه بتطبيق السببية، فقد ربط بين عدم القدرة على التنبؤ الصارم بالحوادث التي تقع على المستوى الذري وبين الاحتمال الذي يمثّل سبيلنا الوحيد للتنبؤ بتلك الحوادث. بمعنى أن الاحتمال كان نتيجة لسبب يتمثل في عدم قدرتنا على المعرفة التامة بالمنظومات الكوانتية. إنه يلزم من اختبارنا للسببية باستخدام الحواس أن نقع في إشكالية الدور، إذ إن الحس نفسه لا يكتسب صفة الموضوعية إلاّ على أساس مبدأ السببية. فالحس، كما أوضحنا ذلك في الفصل الثاني، يعجز عن إثبات المادة ذاتها لأن الحس لا يتناول من المادة غير الظواهر والأعراض السطحية فقط، أما

(1) هناك محاولة علمية جادة في الأسس المنطقية للاستقراء تقوم على أساس إمكانية تفسير مبدأ السببية باستخدام الدليل الاستقرائي في مرحلة التوالد الموضوعي والذاتي معاً، وإن كان المبدأ عقلياً في نظر الفلسفة العقلية فحتى لو أنكر عقلية مبدأ السببية وكونها فوق التجربة فهناك في الأسس المنطقية محاولة تفسيره استقرائياً. نعم لا يمكن ذلك إلاّ بالاعتراف أن مبدأ عدم التناقض «النقيضان لا يجتمعان» هو الأساس الأول والعام البديهي الذي هو أساس كل المعارف والعلوم فلاحظ القسم الرابع من كتاب **«الأسس المنطقية للاستقراء»** للسيد محمد باقر الصدر.

المادة بوصفها واقعاً موضوعياً خارج حدود الذهن تحتاج إلى الدليل العقلي لإثباتها، والدليل العقلي الذي يثبت به الوجود الواقعي للمادة يعتمد على مبدأ السببية وقوانينها الموجودة بصورة أولية في الفطرة الإنسانية.

أما أن الحتمية العلمية تمثّل التطور التاريخي لمبدأ السببية كما يزعم هايزنبرغ فهذا ليس صحيحاً على الإطلاق، إن من مفرزات قانون السببية هو هذه الحتمية العلمية. إن السببية تعني أن لكل نتيجة أو حادثة سبباً وأن العقل بشكل أولي بديهي يؤمن بأن السبب يؤدي إلى النتيجة ذاتها إذا توفرت الظروف الموضوعية. فهذه الحتمية ليست تطوراً تاريخياً بل هي من بديهيات فكرنا البشري وليست هي مرتبطة بظروف فهمنا للعمليات الطبيعية. إن مبدأ السببية الذي ـ يعني بكل بساطة ـ أن لكل حادثة سبباً أو أن كل نتيجة لا بدَّ وأن يكون لها سببها الخاص الذي أوجدها. هذا المبدأ يشكِّل إحدى بديهيات الفكر البشري، فالإنسان في مختلف مراحل نموه يدرك بفطرته أن كل حادثة يتحتم أن يكون وراءها سبب، وأن هذه النتيجة لا تصدر عن أي سبب بل لها سببها الخاص الذي ولدها، وأننا نحصل دائماً على النتيجة ذتها إذا توفرت الأسباب ذاتها.

إن عدم قدرة التجربة العلمية على معرفة ماهية الأسباب بشكل محدد في عالم الكوانتا لا يعني بطلان أو إخفاق مبدأ السببية، ذلك لأن هذا المبدأ قانون فلسفي صارم فوق التجربة. إن فشل التجربة في معرفة ماهية الأسباب قد يكون سببه قصوراً في أدوات التجربة ذاتها التي تعيق العالم من الإحاطة الشاملة بكل ملابسات الموضوع المراد فحصه. إن فشل التجربة العلمية في المعرفة التامّة بسلوك الجسيمات الذرية لا ينفي مبدأ السببية بشكل قاطع ونهائي بل يظل على الأقل احتمال[1] مبدأ السببية موجوداً. المشكلة التي تعاني منها مدرسة كوبنهاغن أنها اعتبرت أن كلمتها بشأن العالم الكوانتي نهائية وحاسمة، وكأنها وصلت إلى اليقين الذي لا يفتح الباب أمام أي احتمال آخر. ولكن ما دام الاحتمال الآخر، الذي يعترف بالقصور عن الإحاطة التامّة بهذا العالم لمتغيّرات خفية ليس بإمكاننا في

(1) انظر «الأسس المنطقية للاستقراء».

الوقت الراهن من معرفتها، أقول ما دام الاحتمال قائماً فليس من الإنصاف أن نقول كلمتنا النهائية الفاصلة.

الإنسان في حياته مدفوع بغريزته لأن يعطي تعليلاً لكل ما يشاهده، مدفوع بقوة خفية لا يمكن أن يتجاهلها لأن يعي الأسباب وراء الظواهر التي يشاهدها. نعم قد يعجز عن فهم الظاهرة والأسباب الحقيقية التي أوجدتها لكنه يحيلها في نهاية المطاف إلى أسباب محددة حتى ولو كانت وهمية، ولا يمكن أن يمر على الظاهرة هكذا ويتركها دون أن يعطيها السبب المحدد، حتى ولو كان السبب أسطورة يصنعها لنفسه يصدقها ويعلمها للأجيال من بعده. هكذا هو الإنسان مدفوع بحكم غريزته وبحكم إمكانياته العقلية أن يفهم كل ما يدور من حوله، وأن يعطي السبب المناسب للنتيجة المناسبة له.

وإذا كانت المعارف محصورة في حدود الخبرة الحسيّة فقط وفقط فما هو المصدر الذي يزودنا بالأفكار حول عامل ما وراء المادة؟ وإذا حصرنا المعارف الإنسانية في حدود الحس والتجربة يعني أننا حبسنا الطاقات الفكرية للإنسان في حدود الحس والتي يمكن لها أن تتجاوز هذا الحاجز الحسي لتتناول ما وراء عالم المادة من حقائق، وكل العلوم الإنسانية التي لا تحتاج إلى الميدان العلمي التجريبي. نخلص إلى القول إن مبدأ السببية ـ العلية ـ (سنفرق بين السببية والعلية بعد قليل) يجب أن يبحث ضمن المسائل الفلسفية باعتماد المنهج العقلي وليس ضمن المسائل العلمية ومن خلال الوسائل التجريبية.

السببية التجريبية والسببية العقلية

السببية بمفهومها العقلي تعني أن العلاقة القائمة بين الحادثة (أ) والحادثة (ب)، مثلاً، في الطبيعة هي العلاقة التي تجعل إحدى الحادثتين ضروريةً في وجود الحادثة الأخرى، فالحادثة (ب) يتوقف وجودها على وجود الحادثة (أ)، هذه العلاقة الوجودية بين الحادثتين، بعيداً عن معطيات العقل، لا يمكن أن تزودنا بها المختبرات وأدوات القياس إذا حصرنا المعرفة البشرية داخل سياج المشاهدات الحسية. فالسببية بمعناها العقلي تعني توقف وجود (ب) على وجود (أ). فإذا كانت (أ) موجودة فحينئذ توجد (ب) حتماً وبالضرورة.

أما السببية بمفهومها التجريبي فهي علاقة التتابع الزمني المطرد بين أي حادثتين، فالحادثة (أ) يعقبها في الزمان الحادثة (ب) بحيث إنه في كل مرة تتحقق الشروط الموضوعية نجد أن الحادثة (أ) يعقبها زماناً ظهور الحادثة (ب) دون أن نستوحي من هذه المشاهدة فكرة الضرورة أو اللزومية التي تجعل نوع الارتباط بين أي حادثتين ليس مجرد اقتران زماني، بل إن وجود أحدهما يكون ملزماً لوجود الآخر[1]. ويمكن أن نقول إن السببية التجريبية ما هي إلاً علاقة ظرفية بين السبب والنتيجة حيث يتقدم السبب زماناً على النتيجة أو أن النتيجة تُوجد بعد أن يسبقها في الوجود سببها. وهكذا استطاع أن يفسر أنصار المذهب التجريبي العلاقة بين السبب والنتيجة على نحو يقبل القياس، وهذا التفسير ينسجم مع الخط العام للرؤية التجريبية للمعرفة، فما لا يقبل القياس والمشاهدة الحسية ليس له نصيب من الواقعية. نحن نلحظ أن الطاقة في مناهج العلوم تعرف على أنها القدرة على القيام بشغل ما، وهذا التعريف يحول مفهوم الطاقة إلى شيء يقبل القياس والاختبار داخل أروقة المختبرات لكنه يفتقر إلى تفسير ماهية الطاقة ذاتها.

السببية العقلية تعني أن أي حادثتين في الطبيعة ترتبطان ببعضهما برباط وجودي تكويني طبيعي تجعل السبب مؤثراً في وجود النتيجة. إن مجرد التتابع المطرد في الزمان لا يجعل من الأسباب عوامل حقيقة ضرورية، إلزامية في تحقق النتائج. إن نفي فكرة الضرورة القائمة بين الحوادث يؤدي إلى أن وجود أي حادثة يعتبر صدفة، ذلك لأن الصدفة هي نفي العلاقة اللزومية بين الأشياء. فتمدد قطعة الحديد بسبب الحرارة لا يجعل من الحرارة بوصفها السبب ضرورة في تمدد قطعة الحديد بقدر ما يعني أن قطعة الحديد تمددت بسبب الحرارة على نحو الصدفة المطلقة. وأي قيمة موضوعية للعلم إذا كان ما يحدث في الطبيعة مجرد صدفة ولا يعبّر عن علاقة حقيقية قائمة بين الأشياء.

إن السببية بمفهومها العقلي لا تنظر إلى الحوادث المترابطة على أنها حوادث منفردة ومعزولة، بل إنها تنظر إلى الحادثة السبب والحادثة النتيجة باعتبار العلاقة

---

(1) السيد محمد باقر الصدر، **الأسس المنطقية للاستقراء**، دار التعارف للمطبوعات، الطبعة الخامسة، 1986، ص 232 ـ 234.

القائمة بين مفهومين، فإن أي فرد من أفراد المفهوم الأول يرتبط بأي فرد من أفراد المفهوم الثاني بالارتباط الناشئ من تلك العلاقة الرئيسية القائمة بين المفهومين. كما أن الفرد الذي ينتمي إلى أحد المفاهيم، عندما يكون سبباً لفرد من أفراد مفهوم آخر، فإن كل فرد من أفراد المفهوم الأول سيكون سبباً في وجود أي فرد من أفراد المفهوم الثاني إذا توفرت الشروط نفسها والتي جعلت من الفرد الأول سبباً، ذلك لأن السببية العقلية ـ كما تقدم ـ تعبّر عن علاقة الضرورة بين مفهومين. إن السبب الذي يقود إلى نتيجة ما في ظل شروط معيَّنة يظل يعطي النتيجة نفسها في ظل الشروط نفسها في أي زمان ومكان، كما أن أي فرد تنطبق عليه مواصفات ذلك السبب يعطي النتيجة ذاتها إذا توفرت الشروط ذاتها.

أما السببية بمفهومها التجريبي فهي تنظر إلى العلاقات السائدة في عالم الطبيعة بشكل منفرد ومعزول، فهي علاقات مستقلة قائمة بين أفراد بشكل مطرد وليست مفاهيم. فإذا ارتبط فرد ما بفرد آخر برباط السببية فهذا لا يعني، بحسب المفهوم التجريبي للسببية، أن الفرد المماثل له سيعطي الارتباط نفسه. إن التجربة العلمية لا تزودنا بالمعاني الكلية التي ينضوي تحتها عدد من الأفراد يتفقون في صفات معيَّنة، لأن المفهوم يُولِّدُه الذهن الذي يصنِّف الأفراد المتفقة في الصفات ضمن مسمى يعكس هويتها الجمعية، مما يعني أن هذه الأفراد المتماثلة تؤدي إلى نتائج متماثلة. إن التجربة العلمية وحدها غير قادرة على اكتشاف المفاهيم الكلية، إن التجربة تكشف عن أفراد يتمتعون بصفات متشابهة فقط، وإذا كان أحد هؤلاء الأفراد، في ظل شروط معيَّنة، سبباً لنتيجة ما فهذا لا يعطينا الحق، باعتبار الرؤية التجريبية، في تعميم النتيجة لتشمل كل فرد من هؤلاء الأفراد.

مبدأ السببية وعلاقات العلية (النظرية والتطبيق)

يجب أن نُميِّز بدقة بين مبدأ العلية بوصفه قانوناً فلسفياً قبلياً كلياً يحكم مختلف مظاهر الوجود وبين العلاقات العلية التي تربط الموجودات برباطها. فمحاولة البحث عن سببية تمدد الحديد ومعرفته يختلف عن وعينا القبلي بأن هناك سبباً خاصاً ضرورياً يجعل من الحديد يتمدد. أن نعي بشكل أولي ضروري السببية

القائمة بين الأشياء يختلف عن محاولة البحث عن ماهية السبب الخاص وراء ظاهرة ما، فالأول هو مبدأ السببية والثاني هو العلاقة العلية التي تربط تلك الظاهرة بذلك السبب الخاص. إن مبدأ العلية مبدأ عقلي لا يستمد وجوده من الحسّ والتجربة، أما محاولة فهم العلل والأسباب الطبيعية المؤثرة في تكوين الظواهر الطبيعية وهي ما نقصد به العلاقات العلية فيتم معرفتها بالوسائل التجريبية. (ولمن يريد المزيد والتوسع في هذا الموضوع فليراجع كتاب «الأسس المنطقية للاستقراء» للسيد محمد باقر الصدر).

النظرية الكوانتية ومشكلة الاستقراء

إن الرأي[1] السائد في الفلسفة الإسلامية بصورة عامة يؤكد دائماً على أن العلوم الطبيعية لا تستطيع من خلال التجربة وحدها وبدون الاستعانة بالمعارف العقلية الأولية أن تتوصل إلى العلاقة بين الظاهرة وسببها الخاص، فبدون هذه المعارف العقلية الأولية التي تشكِّل القاعدة الأولى في انطلاقة الإنسان الفكرية تنهار كل النظريات والقوانين العلمية. كل ما يمكن أن تدلنا عليه التجربة هو الاقتران المتزامن بين ظاهرة وأخرى، أما أن تكون هذه الظاهرة سبباً في وجود ظاهرة أخرى فذلك يعود إلى معارفنا العقلية الأولية التي تؤكد أن هذا الاقتران بين ظاهرتين يعني أن إحداهما علة وسبب خاص في وجود الأخرى. بل إن هذا السبب يمتلك صفة القانون الكوني الطبيعي الذي يعطي النتيجة نفسها في كل وقت إذا توفرت الشروط الموضوعية لذلك. كل ما يمكن أن تكشفه التجربة عند تعريض الحديد للحرارة أن هناك ظاهرتين متزامنتين إحداهما تمدد الحديد والأخرى الطاقة الحرارية، أما أن تكون الطاقة الحرارية سبباً في تمدد الحديد فذلك يعود إلى طبيعة الوعي الإنساني الفطري من أن هذا الاقتران يعني أن هذه الظاهرة هي التي وَلَّدت الأخرى، وأن

---

(1) إن السيد محمد باقر الصدر حاول في كتابه **«الأسس المنطقية للاستقراء»** إعادة بناء نظرية المعرفة وخاصة في مجال الاستقراء العلمي دون الاعتماد على المعارف العقلية القبلية المسلمة في الفلسفة الإسلامية أو المذاهب التجريبية الحديثة سوى مصادرات نظرية الاحتمال وحتى دون الإيمان المسبق بمبدأ السببية العقلية وإنما يحاول إثباته استقرائياً وإن كان مبدأ عقلياً قبلياً في الفلسفة الإسلامية ومن ذلك (1) مبدأ عدم التناقض، (2) العلم الحضوري بالخبرة الحسية فقط.

العلاقة بينهما أكبر من مجرد اقتران زماني يتم على نحو الصدفة بل هي علاقة وجود. ثم إذا جاز لنا أن نفترض أن التجربة قادرة على الكشف عن الأسباب والنتائج فمن أين لها أن تكشف عن العلاقة المستمرة والدائمة بين هذه الأسباب ونتائجها خارج زمان إجراء التجربة. كيف لها أن تؤكد هذه العلاقة في المستقبل؟. هذه هي إحدى مشاكل الدليل الاستقرائي الذي تعتمده العلوم. كيف يمكن للعالم الطبيعي أن يعمم النتيجة لتشمل موضوعات لم تستوعبها التجربة العلمية. إن المذهب العقلي لا يعاني أية مشكلة في القفز من الجزئيات المستوعبة في التجربة العلمية إلى تلك الجزئيات المتماثلة في النوع ولم تخضعها للتجربة، ذلك أن قانون التناسب بين الأسباب والنتائج الذي يمثّل إحدى المعارف العقلية الأولية هو الذي يؤكد لنا أن السبب يعطي دائماً النتيجة نفسها في كل زمان إذا تحققت الشروط الموضوعية لذلك[1].

الحقائق الكوانتية تمثّل ميلاً إحصائياً أو احتمالاً عالياً ولا تُعبِّر عن ترابط سببي واضح قائم بين النتائج ومسبباتها. وإذا كانت الحقائق في هذا العالم تتشكّل إحصائياً فهي ـ الحقائق ـ تتكوّن نتيجة استقراء لعدد من الحوادث الكوانتية[2]. وإذا كان الدليل الاستقرائي بدون المعارف العقلية الأولية ومنها السببية يعيش في أزمة، وأنه كما بيّنا لا يمكن التخلي عن التصورات العقلية القبلية السابقة على التجربة حتى يكون للتجربة قيمتها المعرفية، فإن النظرية الكوانتية تعيش الأزمة ذاتها ما لم يفترض أنها ليست تعبيراً مطلقاً ونهائياً للواقع الكوانتي.

صحيح أن العالم قد خطا إلى الأمام خطوات كبيرة بهذه النظرية لكن لا يجب أن يأخذنا الإعجاب والانبهار إلى الحد الذي نلغي فيه تصوراتنا العقلية وأفكارنا الفطرية المستقلة، كما أنه ليس من العدل أن نعطي أية نظرية علمية صفة الحقيقة المطلقة. وأعتقد أن ثورة حقيقية ربما نشهدها في القرن الواحد والعشرين إذا ما استطاع أحد أن يصيغ النظرية الكوانتية صياغة جديدة ضمن الإطار الذي ينفي

(1) السيد محمد باقر الصدر، **الأسس المنطقية للاستقراء**، دار التعارف للمطبوعات، الطبعة الخامسة، 1986، ص 25 ـ 27.

(2) المصدر نفسه، ص 299.

العشوائية في هذا العالم ويمد جسور الاتصال بينه وبين العالم الكبير، وفي الوقت نفسه تستطيع أن تفسر كل الظواهر التي استطاعت النظرية الكوانتية في شكلها اللاسببي العشوائي أن تستوعبها.

الخاتمة

أعتقد أن من الضروري أن ننظر إلى العالم علمياً وفلسفياً في إطار جامع يجعل التكامل المعرفي الهدف الذي نتطلع إليه. ليس من المفيد أن نفصل الحسي عن العقلي وأن نسوق المعارف في خطين متوازيين لا يلتقي فيها العلمي التجريبي مع الفلسفي العقلي. إن عملية الفصل هذه هي تجزئة للإنسان إلى حس يتعامل مع المادة وظواهرها وعقل يتعامل مع المجردات بينما الحس والعقل في الإنسان يعبّران عن وحدة وتكامل ويعبّران عن وحدة الإنسان الفيلسوف والعالم.

لقد رأينا كيف يمكن أن تتمازج النظريات العلمية مع النظريات الفلسفية لتشكلا صورة كلية للعالم. إن علينا أن نحدد القواعد الصحيحة التي تحقق لنا وحدة المعرفة. إن على الباحثين أن يسعوا لإيجاد حلقات الربط والاتصال بين العلوم والفلسفة، ويجب أن يتحرك البحث في المسار الذي تتزاوج فيه كلتا المعرفتين، فكلاهما يخدم الآخر ويدفعه إلى الأمام. رأينا كيف تزاوجت النظرية النسبية مع الرؤية الفلسفة الصدرائية في الحكمة المتعالية للزمان في شكل تكامل معرفي أعطت فيها النظرية النسبية تصورها الحسي الخارجي للزمان بوصفه حركة الجسم العرضية وأعطت فيه الرؤية الصدرائية بشكل أكثر عمقاً البعد العقلي المحض له بوصفه حركة تقع في جوهر وصميم المادة. وكلا الرؤيتين تتحركان صعوداً في فهم الظاهرة، ابتداءً من الحسي الخارجي وانتهاءً بالعقلي المجرد. كما أننا رأينا الصراع الفلسفي العلمي الذي امتد لأكثر من سبعين عاماً ولا زال بين رؤية تفسيرية للنظرية الكوانتية يمثلها آينشتاين وبين أخرى يمثلها بور. والحقيقة أن التفسير التجريبي المحض للنظرية الكوانتية من قبل بور هو الذي أطال بهذا الصراع التاريخ الكبير في الوسط العلمي. ففي الوقت الذي ينطلق فيه آينشتاين من رؤية عقلية تجريبية للنظرية لا تنفي فيه قيمة المنجزات العلمية للنظرية لكنها في الوقت نفسه تفضل الاحتفاظ بالأفكار

العقلية التي يقرها العقل وإن بدأت التجارب أنها تتناقض معها. المشكلة في هذا الصراع يكمن في النظرة المتشددة ذات النزعة التجريبية المحضة والتي لم تكن على درجة من التواضع لأنها أعطت التفسير النهائي المطلق للنظرية دون حساب للتطورات المستقبلية وما قد ينتج عن العقل الإنساني من رؤية رياضية علمية بديلة تحتفظ فيه بالتصور العقلي القبلي الذي هو فوق التجربة.

من مميزات العقل الإنساني أن لديه اتجاه توحيدياً على المستوى الطبيعي والديني. هذا الاتجاه الذي يمكن أن يوصف بأنه حلم غريزي كامن في الذات الإنسانية يدفع به دائماً للبحث والكشف عن وحدة في عمق العالم تفسِّر كل ما به من مظاهر التنوع والاختلاف. هذه النزعة الغريزية تتحرك في الاتجاه نفسه على الصعيد الديني، فهي تتطلع إلى قدرة لانهائية قادرة على خلق كل هذا الكون بما فيه. فالاتجاه التوحيدي نزعة متأصلة في النفس ويجب أن تنعكس أيضاً على الجانب المعرفي.

انطلاقاً من هذه الروح التوحيدوية التي يحملها الإنسان للكون يجب أن نتحرك على صعيد وحدة معرفية بين العلوم والفلسفة. ما دام المستحيل مستبعداً والإمكان قائماً فلنتحرك في سبيل التكامل المعرفي الذي يعطينا صورة كلية واضحة المعالم للكون وهي الوحدة التي تنعكس منها وحدانية الواحد الأحد.

تمَّ والحمد لله رب العالمين

المراجع العربية

1 ـ السيد محمد باقر الصدر، **فلسفتنا**، دار التعارف للمطبوعات، 1990.

2 ـ السيد محمد باقر الصدر، **الأسس المنطقية للاستقراء**، دار التعارف للمطبوعات، الطبعة الخامسة، 1982.

3 ـ فرح موسى، **التحقق الوجودي في الإسلام بين البرهان والعرفان**، دار الهادي، 1992.

4 ـ السيد محمد حسين الطباطبائي، **نهاية الحكمة**، مؤسسة أهل البيت (ع)، 1986.

5 ـ الدكتور عبد الرحمن مرحبا، **آينشتاين والنظرية النسبية**، دار القلم، بيروت ـ لبنان، الطبعة السابعة، 1974.

6 ـ مرتضى المطهري، **الفلسفة**، التيار الجديد، الطبعة الأولى.

7 ـ محمد تقي المصباح، **المنهاج الجديد في تعليم الفلسفة 2**، دار التعارف للمطبوعات، 1990.

8 ـ عبد الرحمن بدوي، **موسوعة الفلسفة**، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، الطبعة الأولى، 1984.

9 ـ الدكتور محمد عابد الجابري، **مدخل إلى فلسفة العلوم: العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي**، مركز دراسات الوحدة العربية، 1998.

10 ـ الدكتور علي الشامي، **الفلسفة والإنسان، جدلية العلاقة بين الفكر والوجود**، دار الإنسانية، الطبعة الأولى، 1991.

11 ـ السيد محمد حسين الطباطبائي، **أسس الفلسفة والمذهب الواقعي**، دار التعارف للمطبوعات ـ بيروت.

12 ـ الدكتور هشام غصيب، **أصول الميكانيكا الموجية**، دار الفرقان، الطبعة الأولى، 1983.

المراجع الأجنبية

1 - Gordon Kane, *Supersymmetry: Unveiling the Ultimate Laws of Nature,* Perseue Publishing, 2000.

2 - Michio Kaku, Jennifer Thompson, *Beyond Einstein: The Cosmic Quest for the Theory of the Universe,* Anchor Books, 1995.

3 - Michio Kaku, *Hyper Space: A Scientific Odssey Through Parallel Universe,* Time Warps and the 10th Dimension, Anchor Books, 19.

4 - Robert G. Bartle, Donald R. Sherbert, *Introduction to Real Analysis,* Second Edition, John Wiley & Sons, 1991.

5 - Serway, *Physics for Scientists and Engineers,* Saunders College Publishing, Second Edition, 1986.

6 - Hans C. Ohanian, *Modern Physics,* Prentice Hall International Editions, 1986.

7 - Stephen Hawking, *A Brief History of Time,* Bantam Books, 1988.

8 - Nick Herbert, *Quantum Reality: Beyond the New physics,* Anchor Books Edition, 1987.

9 - Ernest J. Sternglass, *Before the Big Bang: the Origin of the Universe,* New York, 1997.

10 - John Gribbin, *Schrodinger's Kittens and the Search for Reality,* Back Bay Books, 1995.

11 - Paul Davies and John Gribbin, *The Matter Myth,* Published by Simon and Schuster, 1992.

12 - John Gribbin, *In the search of Schrodinger's Cat.*

13 - John Horgan, *The End of Science,* Broadway Book, 1997.

14 - Andrew Whitaker, *Einstein, Bohr and the Quantum Dilemma,* Cambridge University Press, 1996.

15 - Jan Fay, *Niels Bohr: His Heritage and Legacy,* Kluwer Academic Publishers, 1991.

16 - David Bohm, *Wholeness and Implicate Order,* Routledge, 1995.

17 - David Bohm, *Causality & Chance in Modern Physics,* PENN, 1957.

18 - Hans Reichenbach, *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics,* Dover Publications, 1944.

جاسم حسن العلوي

العالم بين العلم والفلسفة

إن سعينا لكشف الحقائق يقودنا إلى تساؤلات تتعلق بالمعرفة الإنسانية ومصادرها. كيف تنشأ المعرفة عند الإنسان؟ كيف أنتج الإنسان الأفكار والمفاهيم؟ هل تنحصر المعرفة البشرية في حدود المحسوس؟ هل من العبث توجيه العقل لمعرفة الغيب وما وراء عالم الحس والمادة؟ إن الإجابة عن مثل هذه التساؤلات، مهما كان نوع الإجابة، تحدد معالم الصورة التي نرى بها الكون والوجود فلسفياً وتمثل نقطة البداية لبناء نظرية متكاملة عن الكون والعالم.

ويهدف هذا الكتاب إلى تبيان أن العلم بمنهجه التجريبي الاستقرائي يتكامل مع الفلسفة بمنهجها العقلي الاستنباطي، فكلاهما يضع حجراً في البناء الذي يعكس شكله ومحتواه الصورة الكلية المتناسقة للعالم. لا أحد يستطيع أن ينفي على نحو المطلق أن الحقائق التي تتناولها العلوم التجريبية ليس وراءها في مرحلة تتجاوز الحس حقائق أعمق منها وتتكامل معها. إن أقصى ما يخالط الفكر العلمي التجريبي هو الشك في وجود عالم مجرد يزخر بالحقائق المجردة أما النفي المطلق لهذا العالم وحقائقه المجردة التي تقف وراء ما نشاهده من ظواهر فهو غير ممكن، ذلك لأن النشاط العلمي التجريبي يقتصر على شؤون وأعراض المادة نفياً وإثباتاً. وأما إثبات الجوهر المادي وراء الظواهر الطبيعية فهو من حق العقل الفلسفي، فبعد أن يثبت الفيلسوف وجود الجوهر المادي خارج الذهن يأتي دور العلوم لكي تبحث عن أسرار الطبيعة وأعراض المادة، ولا يحق للعالم الطبيعي أن يمارس المنهج العلمي ذاته في نفي أو إثبات الوجود اللامادي.



لوحة الغلاف: مصطفى سروريان

المركز الثقافي العربي
ص ب ٥١٥٨/١١٣ بيروت- لبنان
ص.ب 4006 - الدار البيضاء - المغرب

ISBN:9953-68-072-8